AUSGESUCHTE CLOSTER-BERGISCHE VERSUCHE IN DEN...

Georg Christoph Silberschlag





R

Physica

~~pag. 573.~~

Silberschlag

G. C. Silberschlags

evangelisch-lutherischen Predigers in Stendal

ausgesuchte

Closter-Bergische Versuche

in den Wissenschaften

der

Natur-Lehre und Mathematik.

Mit Kupfern.



Berlin,

im Verlag der Realschul-Buchhandlung.

1768.



Vorrede.

Diese Versuche sind insgesamt auf der Schule zu Closter-Bergen in den Jahren von 1753 bis 1762 gemacht worden. Die Beschreibungen derselben habe ich größten Theils schon vor mehreren Jahren ausgearbeitet, und die

Ursachen, warum ich sie jetzt durch den Druck bekannt mache, sind dem Leser gleichgültig: ihr Inhalt aber muß es entscheiden, ob sie diese Bekanntmachung verdienen. Wenigstens habe ich dafür gehalten, daß sie solche Sachen enthalten, die in der Mathematik und Natur-Lehre eben nicht unerheblich sind: und daß sie zur mehreren Erkenntniß, näheren Erläuterung und nützlichen Anwendung dieser Sachen zu verschiedenen Arten eines vortheilhaften Gebrauchs im gemeinen Leben etwas beitragen könnten. Den ersten Versuch, der in einer Anwendung ver-

verschiedener Erfahrungen bestehet, die ich bey dem Unterrichte der Jugend in gedachten Wissenschaften gesammlet habe, lasse ich für sich selbst reden, und habe nur dieses dabey zu erinnern, daß ich durch dessen ausführliche Beschreibung keinesweges so viel sagen will, als ob ein jeder Unterricht von dieser Art, wenn er vortheilhaft seyn soll, eben so eingerichtet seyn müsse, wie hier gemeldet worden: denn vielleicht wissen ihn andere noch vortheilhafter einzurichten. Meine Absicht ist nur zu zeigen, daß ich die hier beschriebene Einrichtung würklich vortheilhaft befunden

habe. Die übrigen Versuche beschäftigen sich mit einigen wichtigen aus den Wissenschaften der Mathematik und Natur-Lehre hergenommenen Gegenständen, und sind zum Theil, wie man auch aus deren Beschreibung abnehmen wird, mit beträchtlichen Kosten gemacht worden, so, daß ich vermuthe, die zu Veranstaltung solcher Versuche erforderliche Gelegenheit mögten wol wenige so haben, wie ich sie gehabt habe. Was für einen Gebrauch ich nun davon zum Vortheil der Jugend, die damals auf gedachter Schule in diesen Wissenschaften unterrichtet wer-

den

den solte, gemacht habe, davon können diese hier folgenden Berichte ein Zeugniß ablegen, welches noch bis jetzt durch viele Augen-Zeugen bestätigt werden kan. Ich hätte diese Sammlung leicht zahlreicher machen können: allein die Ungewißheit, ob sie den Beyfall des Lesers finden würde, und meine jetzigen anderweitigen Amts-Geschäfte haben mich genöthiget es bey dem Vorrathe, den ich hier liefere, bewenden zu lassen.

Ich erinnere mich, da ich dieses schreibe, der ungemeinen Sorgfalt und Bereitwilligkeit, womit der un-

vergeßliche Herr Abt Steinmetz das Beste der damals zu Closter-Bergen sich aufhaltenden Jugend auch in dieser Absicht zu befördern beflissen war. Gegen uns alle sowohl Lehrende als Lernende verhielt er sich als ein Vater, den die vortheilhafte Einrichtung der Arbeit der ersteren und die Beförderung der zeitlichen und ewigen Wohlfart der letzteren in derjenigen unermüdeten Geschäftigkeit erhielt, die, wie es bekannt genug ist, mit einem so ausgebreiteten göttlichen Seegen begleitet worden: und so wie seine rechtschaffene Gottseeligkeit uns zur Wahrnehmung

mung und Besorgung der Angelegen=
heiten unsers ewigen Heils unendlich
nützlich gewesen ist; also wurden seine
Einsichten in Schul=Sachen, und
seine Klugheit, mit welcher er sich
diesen seinen Einsichten gemäß zu ver=
halten wußte, unter andern auch da=
durch kennbar, daß er seiner Schule
eine solche Einrichtung gab, dadurch
auch derjenige Unterricht, mit wel=
chem ich mich insonderheit auf sein
Verlangen zu beschäftigen hatte, bis
zu der Vollständigkeit, die man aus
diesen Versuchen abnehmen wird, be=
fördert wurde. Dafern nun diese
meine Arbeit wichtig genug ist um zu

dem in mehreren Absichten so schätzbaren Andenken eines so Verdienstvollen Mannes etwas beyzutragen; so habe ich wenigstens melden wollen, daß, wenn sie von einigen Nutzen befunden werden solte, der geneigte Leser sehr vieles davon dem rechtschaffenen Manne zuzuschreiben habe, der mich bey der Bewerkstelligung dieser Versuche sowol durch seinen Eifer um das Beste der Jugend, als auch insonderheit durch Herbeyschaffung der erforderlichen Kosten so nachdrücklich unterstützet hat.



Inhalt.

Der erste Versuch. Von dem Unterrichte der Jugend in den Wissenschaften der Mathematik, und zwar

1. Von der Nothwendigkeit und dem Nutzen dieses Unterrichts pag. 1.
2. Von einer vortheilhaften Einrichtung desselben, pag. 13.
3. Ausführlicher Entwurf eines Unterrichts in der Baukunst, pag. 53.

Der zweyte Versuch. Von dem Drucke der Luft.

Der

Der dritte Versuch. Von einigen im Luftleeren Raume hervorgebrachten merkwürdigen Erscheinungen, und zwar

1. Von dem Dampfe, der nach den ersten Zügen der Exantlation unter den Recipienten zu entstehen pfleget, pag. 98.

2. Von einer bey einer gewissen Gelegenheit unter den Recipienten bemerkten feurigen Röthe, pag. 105.

3. Wie man den Schall durch die Exantlation verhindern könne, pag. 107.

4. Wie man das Entstehen und Fortwähren des Feuers in einem Luftleeren Raume verhindern könne, ingleichen von der Kraft des Schieß-Pulvers, pag. 113.

5. Von der genauen Verbindung in welcher die über dem Wasser stehende Luft sich mit derjenigen, die in und unter den Wasser ist, befindet, und von den Würkungen dieser

ser Verbindung, ingleichen von der Anwendung dieser Versuche auf die Begebenheiten der Sündfluth, pag. 125.

Der vierte Versuch. Von dem Schalle und vom Sprach-Rohre, und zwar

1. Von der Verstärkung des Schalls durchs Sprach-Rohr, pag. 135.

2. Von verschiedenen Einrichtungen der Sprach-Rohre, pag. 137.

3. Von der Fortpflanzung des Schalls durch lange Röhren, pag. 144.

Der fünfte Versuch. Von Archimedis Brenn-Spiegel.

Der sechste Versuch. Von einigen zur Hebung verschiedener Lasten gemachten mechanischen Einrichtungen, und zwar

1. Von dem Ausheben der Stämme abgehauener Bäume mit ihren Wurzeln, p. 169.

2. Von

2. Von der Hebung des Wassers durch Druckwerke, pag. 180.

Der siebende Versuch. Von der Dampf-Kugel, und zwar

1. Von deren Eigenschaften und Würkungen überhaupt, pag. 189.

2. Von einem künstlichen Regen-Bogen, der durch sie hervorgebracht wird, pag. 193.

3. Von der starken Ausdähnung der Luft durch die Dampf-Kugel, ingleichen von der Anwendung dieser Versuche auf die Erdbeben, pag. 196.

4. Von der Hebung des Wassers durch die Dampf-Kugel, pag. 218.

Der achte Versuch. Von der Sprengung der Glaß-Tropfen, und zwar

1. Von den Ursachen dieser Sprengung, pag. 229.

2. Von

2. Von der grossen Gewalt dieser Sprengung, pag. 240.

3. Anwendung dieser Versuche auf das Aufeisen der zugefrornen Ströme durch Bomben, pag. 251.

Der neunte Versuch. Von der mechanischen Einrichtung der Muskeln in thierischen Körpern.

Der zehnte Versuch. Von der durch die Schwere verursachten Bewegung eines Körpers durch eine flüßige Materie, und von der Würkung dieser Bewegung in die Schwere der flüßigen Materie.

Der elfte Versuch. Von der Verstärkung der electrischen Erschütterungen, und zwar

1. Von diesen Erschütterungen und deren Verstärkung überhaupt, pag. 319.

2. Anwendung dieser Versuche zur Hebung einiger Krankheiten, pag. 328.

3. Von

3. Von der Abwendung der Gefahr, welche die Blitze der Donner-Wetter drohen, pag. 339.

Der zwölfte Versuch. Von der Veränderung der horizontalen Sonnen-Durchmesser, und zwar

1. Von derjenigen, die durch die Bewegung der Sonne in ihrem Tage-Cirkel verursacht wird, pag. 356.

2. Von derjenigen, die durch die Bewegung des Pols der Ekliptik verursachet wird, pag. 361.

3. Von der Mittags-Linie, pag. 386.



Der



Der erste Versuch.

Von dem Unterrichte der Jugend in denen Wissenschaften der Mathematik.

Der Unterricht der Jugend in den Wissenschaften der Mathematik ist eine der nützlichlichsten Beschäftigungen für den Staat, und nächst der Unterweisung in der wahren Gottseligkeit auch für sie selbst. Die Vortheile, deren das gemeine Wesen davon zu geniessen hat, wenn in Schulen Männer von guten Einsichten und Erfahrung in diesen Wissenschaften zugezogen werden, sind so bekannt, als groß und wichtig und es ist nicht nöthig, daß ich mich bey deren Beschreibung aufhalte, nur etwas weniges davon werde ich hernach anzuführen haben. Der Nutzen aber, welcher der Jugend selbst aus der Verbindung der mathematischen Wissenschaften mit denen übrigen Sachen, die sie auf Schulen zu erlernen haben,

zuwächset, ist zum Theil selbst aus der Beschaffenheit des mathematischen Vortrages leicht abzunehmen. Es findet sich hier ein gewisser Zwang, der die Kräfte des Verstandes auf eine ganz angenehme Art anstrenget, und sie nöthiget sich zu entwickeln, welches man von denen sonst gewöhnlichen Schul-Methoden, nach welcher Sprachen, Historie, Geographie, Poesie u. s. w. vorgetragen werden, auch selbst von denen, die erst neuerlich in Ansehen gekommen, eben nicht sagen kann. Die Logik wird auf vielen Schulen gelehret: allein bey nahe ganz ohne Nutzen, wenn man nicht den Unterricht in denen mathematischen Wissenschaften hinzufüget. Die trockenen Warheiten von Begriffen, Sätzen und Schlüssen gefallen der Jugend nicht, sie höret den Vortrag mit schlummernden Augen an, und alle Schärfe der Disciplin hilft nicht dawider. Man nimmt seine Zuflucht zu lustigen Beyspielen um die vorgetragenen Warheiten dadurch zu erläutern und die Zuhörer aufzumuntern: allein dieses Hülfs-Mittel scheinet theils gefährlich theils ohne Nutzen zu seyn. Die Gefahr liegt vor Augen. Um die Jugend bey der Aufmerksamkeit zu erhalten verführet man sie zum Leichtsinn und zur Leichtfertigkeit. Lehrer der Jugend sind aber vor Gott und in ihrem Gewissen verpflichtet durch ihren Unterricht die wahre Gottseligkeit bey der Jugend zu befördern, weil diese allein der richtige Weg zur wahren Weisheit ist: und solten sich ja, dem Ansehen nach, die vorzutragenden Sachen damit in keinen Zusammenhang bringen lassen; so muß uns doch wenigstens aller Leichtsinn durch das schreckliche Wort unsers Heylandes verabscheuungswürdig werden, wenn es Matth. 18. v. 6. heißt: **Wer aber ärgert dieser geringsten**

Einen, die an mich gläuben, dem wäre besser, daß ein Mühl-Stein an seinem Hals gehänget würde und er ersäuffet würde im Meer, da es am tieffsten ist. Wehe der Welt der Aergerniß halben! Man hat daher wol zu bedenken, welches die Bedingungen des heiligen Bundes sind, den die Jugend in der Taufe mit Gott errichtet, und welches die Sachen sind, zu deren Entsagung sie sich dadurch feyerlich verpflichtet hat. Wider solche Pflichten und Anweisungen unsers christlichen Glaubens zu handeln und durch leichtfertige Schwenke im Vortrage der Wissenschaften den bey der Jugend sich ohnedem schon so frühzeitig äussernden Meineyd und Bundbrüchigkeit zu befördern, welch ein Verbrechen auf Seiten der Lehrer ist das! Man weiß es aber, wie es in dieser Absicht auf manchen auch sonst wol eingerichteten Schulen hergehet, und wem solte wol nicht bange zu Muthe werden, wenn man einigen Vorträgen der Wissenschaften auf unsern hohen und niederen Schulen beywohnet, und die Beyspiele anhöret, welche zur Erläuterung der vorgetragenen Sachen angeführet werden! Solte man diese bey dem Vortrage trockener Wissenschaften so allgemein gewordene Gottlosigkeit nicht mit als eine von denen Ursachen ansehen, dadurch der heilige und gerechte Gott genöthiget wird sein Angesicht vor unsern Schulen zu verbergen und sie in solchen kläglichen Verfall gerathen zu lassen? Haben sie nicht eben dadurch aufgehöret Schulen der Weisheit und der Gottseligkeit zu seyn, die sie doch ihrer wesentlichsten Absicht nach seyn solten? Das ist also die Gefahr, welche lustige Beyspiele, die zur Erläuterung dienen sollen, mit sich führen. Man wird also unsündliche und doch dabey

angenehme Beyspiele hervor suchen. Ich gestehe es, sie sind zumal bey der Logik nöthig: allein nicht zu gedenken, daß es Mühe verursachet, sich bey der Zubereitung auf die Vorlesungen mit einem erforderlichen Vorrath davon zu versehen und dabey seines Gewissens zu schonen, auch die Reguln der Klugheit nicht aus der Acht zu lassen; so wird doch auch dadurch der Zweck nicht völlig erreicht, daß die Jugend die vorgetragenen Warheiten der Logik recht fasse und deren Anwendung sich angewöhne. Sie merkt auf die Beyspiele, zumal wenn sie angenehm sind, und vergißt die Absicht, um derentwillen sie angeführet werden, und sobald das Beyspiel aus dem Gedächtniß ist, hat sich auch die Einsicht in die vorgetragenen Warheiten aus dem Verstande verlohren. Kurz, es ist schwer, die Jugend zu einer Fertigkeit im Logischen Denken anzuführen, wenn man sich nicht der mathematischen Wissenschaften dazu bedienet. Diese geben lauter nützliche und angenehme Sachen an die Hand, durch deren ersten Anblick sie lüstern wird selbige einsehen und verstehen zu können, sie wird dadurch auf eine lockende Art in das systematische Denken, welches die mathematische Methode erfordert, hinein gezogen, und gezwungen der gewöhnlichen Flatterhaftigkeit, die alle Begriffe verwirrt und unbestimmt läßt, zu entsagen, und sich um richtige und deutliche Begriffe zu bekümmern. Die ungemeine Fruchtbarkeit dieser Begriffe an allerley wichtigen Folgerungs-Sätzen, welche durch richtige Schlüsse daraus hergeleitet werden müssen, reitzet sie, das Vermögen der Seele Vernunft-Schlüsse machen zu können, in Uebung zu bringen, und gewöhnet sie darin dreist, genau und fertig zu seyn. Erwäget man die

Größe

Größe dieses Vortheils, der sich hernachmals auf die Erlernung aller übrigen Wissenschaften ausbreitet; so ist dieses schon hinreichend den Nutzen und die Nothwendigkeit des Unterrichts in mathematischen Wissenschaften darzuthun. Doch es ist wahr! die gelehrte Welt hat eine große Anzahl von Männern aufzuweisen, deren weitläuftige, tiefe und gründliche Einsichten billig bewundert werden, und die sich um diese Sachen gleichwol niemals bekümmert haben: es giebt auch unter einen Haufen junger Leute immer einige, die einen natürlichen Trieb und vorzügliche Fähigkeit besitzen, sich richtige Begriffe von der wahren Beschaffenheit und dem Zusammenhange der Sachen zu machen, die ihnen vorgetragen werden, ohne dieses Hülfs-Mittels zu bedürfen; allein diese Anzahl ist gering, und ich weiß es, es giebt noch mehrere junge Leute, die zu eben der Fertigkeit kommen würden, wenn man ihnen auf Schulen durch den Unterricht in den mathematischen Wissenschaften zu Hülfe kommen wolte, und bey denen blos darum die rechte Uebung und der hernachmalige richtige Gebrauch der Kräfte des Verstandes unterbleibt oder wenigstens mühsam und unglücklich von statten gehet, weil sie keine Gelegenheit gehabt, sich durch mathematischen Unterricht bey Zeiten dazu anleiten zu lassen. Der gewöhnliche Einwurf: daß die Jugend dadurch von andern wichtigern Sachen abgehalten werde, ist völlig ungegründet. Ich habe es aus vielfältiger Erfahrung abgenommen, daß es eine große Wohlthat für junge Leute sey, ihnen so viel zu thun zu geben als möglich ist, und dazu sind die gewöhnlichen Schul-Sachen bey weiten nicht hinreichend, auch nicht schicklich, denn wenn man sie auch

damit überhäufen wolte; so würde der dadurch bey ihnen erweckte Eckel die erzwungene Beschäftigung mit solchen Sachen gröstentheils fruchtlos machen. Hingegen wird sich allezeit noch eine Stunde des Tages zu mathematischen Beschäftigungen für sie aussondern lassen, und es ist nöthig, ihnen solche an sich angenehme Abwechselung zu gönnen, theils um sie dadurch auf eine gar nicht beschwerliche Art zur Emsigkeit des Privat-Fleißes zu gewöhnen, theils aber auch und hauptsächlich darum, weil ihnen das richtige und zusammenhangende Denken, wozu sie auf diese Art angeführet werden, den Vortheil verschaft, daß sie in allen übrigen Sachen, die sie zu erlernen haben, mit viel bessern Fortgange arbeiten können. Solchergestalt wird der Verlust der wenigen auf mathematische Sachen verwendeten Zeit, wenn es ja ein Verlust seyn soll, reichlich ersetzet werden. Hat ein junger Mensch in seinen Schul-Jahren etwas von diesem Vortheile genossen; so kann er hernach in demjenigen Felde der Gelehrsamkeit, welches ihm seine Bestimmung, sein Beruf und andere Umstände anweisen, um so viel glücklicher fort arbeiten, weil man von ihm mit Recht vermuthen kann, er habe gelernet anhaltend und mit Nachdenken seinen Berufs-Geschäften obzuliegen, und solchen Vortheil wird er großentheils dem mathematischen Unterrichte zu danken haben, wenn er auch gleich von denen dadurch erlernten Sachen fernerhin keinen Gebrauch zu machen hätte.

Ist es aber wol nöthig, solche wichtige und angenehme Beschäftigungen, durch Beschreibung eines entfernten Neben-Vortheils anzupreisen, den sie zur Belohnung des auf sie gewendeten Fleißes mit sich führen?

Ist

Ist nicht die Sache an sich von solcher Erheblichkeit, daß durch deren Betrachtung schon die unumgängliche Nothwendigkeit einer darin zu erlangenden Kenntniß dargethan wird? Es giebt fürtrefliche Schriften, die unter den Namen Mathesis scripturæ sacræ, Mathesis forensis, Mathesis medica bekannt sind, und was beweisen sie? Daß es in allen Arten der Gelehrsamkeit weitläuftige Felder giebt, auf welche sich kein Gelehrter wagen darf, oder auf denen er sich wenigstens gewiß genug verliehren wird, wenn er nicht durch mathematischen Unterricht Augen bekommen hat zu sehen, wo der rechte Weg hinführet: und daß es in allen Arten der Gelehrsamkeit Abhandlungen, Untersuchungen und Erörterungen giebt, die selbst von vielen Gelehrten nicht einmal verstanden werden. Es solte auch billig mehrere Kenner der Werke der Allmacht und Weisheit des Schöpfers geben, als es deren giebt, und es scheinet bey nahe eine Verachtung der durch sie geoffenbarten Majestät Gottes darunter verborgen zu seyn, wenn man uns erst durch viele Vorstellungen überreden muß zu glauben, es sey nöthig sie kennen zu lernen. Zu welchen Ende hat Gott sie sonst in den Werken der Schöpfung geoffenbaret? und welches Geschöpf giebt es denn in der sichtbaren Natur außer dem Menschen, das die dazu erforderlichen Fähigkeiten besitzt? Wie soll sie aber der Mensch zu solchen wichtigen Zweck anwenden lernen, wenn er nicht durch mathematischen Unterricht dazu angeleitet wird? und wenn ehe soll er dazu angeleitet werden? Wenn die Jahre heran kommen, da er für seinen eigenen und auch wol der Seinigen Unterhalt sorgen muß? oder wenn er bey seinem Ueberfluß an zeitlichen Gütern ein Sclave des

Müßiggangs und thörigter elender Beschäftigungen geworden ist, weil er noch nie gelernet hat sich mit nützlichen Sachen zu beschäftigen? oder wenn ihm Amts-Geschäfte nur sehr wenig müßige Stunden übrig lassen, in welchen die ermüdeten Kräfte zu Erlernung solcher Sachen zu stumpf sind? und wie viel giebt es deren wol die in diesen Sachen zu einiger erheblichen Erkenntniß gekommen sind, ohne eines mündlichen Unterrichts darin genossen zu haben? Mir wenigstens ist kein einiges Beyspiel davon bekannt worden. Daher ists gewiß, die Ermangelung des Unterrichts in mathematischen Wissenschaften lässet gleichsam einen leeren Raum zurück, dessen viele bey zunehmenden Jahren mit Verdruß gewahr werden, alsdenn wenn sie ihn nicht mehr ausfüllen können, und sie werden dadurch genöthiget es zu beseufzen, daß sie um dieser Wohlthat theilhaftig zu werden in ihrer Jugend entweder keine Gelegenheit gehabt, oder sich derselben zu bedienen nicht gebührend sind angehalten worden. Ueberdem erfordert die Anleitung zu richtigen Einsichten in die Grund-Sätze der Natur-Lehre und Mathematik eine solche Lebhaftigkeit der Kräfte des Verstandes und Munterkeit der Lebens-Geister, die nur den Jahren unserer Jugend eigen ist. Sind diese verflossen, ohne zu Erlernung dieser Sachen einen Grund gelegt zu haben; so kann man sich hernach auf alle zu dem Ende gemachten Entwürfe wenig Rechnung machen. Die Ausführung derselben wird durch die Neigungen, Sorgen und Verdrießlichkeiten, welche die hernachmals folgenden Jahre mit sich bringen gehindert, und endlich gar unterbrochen. Wie oft habe ich die Klagen verschiedener Männer von großen Verdiensten und anderweitigen gründlichen

Ein-

Einsichten, über diese unglückliche Versäumniß mit angehöret, welche sie nöthiget, die ganze Pracht und Herrlichkeit der Schöpfung als eine ihnen ganz verborgene und unbekannte Schönheit anzusehen, weil ihnen in ihrer Jugend die Augen des Verstandes zu deren Betrachtung niemals geöfnet worden! und wie gegründet sind nicht solche Klagen! wie viel Mitleiden verdienet nicht derjenige, dem Gott solche vorzügliche Belustigungen und Vergnügungen für seine vernünftige Seele in der Natur zubereitet, und er findet sich unfähig ihrer zu genießen, und in das einhellige Lob, welches die gesammte Natur ihrem Schöpfer zu Ehren mit solchen entzückenden Chören anstimmet aus Ueberzeugung und anschauender Erkenntniß mit einzustimmen! Dazu kommt die zu jetzigen Zeiten herrschende Neigung in allen Künsten, Gewerken und andern Verrichtungen, die zum allgemeinen und besondern Nutzen und Bequemlichkeit unternommen werden, auf neue Erfindungen und auf Verbesserungen der alten bedacht zu seyn. Da giebt es nun, wie die Erfahrung lehret, mehr Erfinder, als tüchtige und der Sache gewachsene Schieds-Männer, die ein richtiges und aus guten Gründen hergeleitetes Urtheil fällen können. Darüber bleiben viele schöne und nützliche Erfindungen ungebraucht, und viele schlechte und übel ausgesonnene Anschläge werden erst nach Verschwendung großer Unkosten als unbrauchbar erkannt. Man wird auch wol gar auf neue Erfindungen ungehalten, man glaubt berechtiget zu seyn, das alte Herkommen mit übertriebener Standhaftigkeit zu vertheidigen und zu behaupten: die alten Einrichtungen und Angaben seyen unverbesserlich und also beyzubehalten. Man beruft sich auf die

tägliche Erfahrung, welche lehre, daß es mit denen neuen Erfindungen an keinen Orte fort wolle, und man dadurch zu unnöthigen Unkosten verführet werde. Das ist nun eine sehr alte und gewöhnliche Sprache, und es wäre gut, wenn sie auf die rechte Art um ihr Ansehen gebracht würde. Wir wollen denen Alten gern die Gerechtigkeit wiederfahren lassen, daß sie ihre Einrichtungen mit vieler Einsicht, Ueberlegung und Klugheit gemacht: allein warum wollen wir uns selber weniger zutrauen? Sie, die Alten, lehrete die Nothwendigkeit in vorkommenden Fällen auf diese oder jene Art Rath zu schaffen, und zwar bey weniger Kenntniß der Geheimnisse der Natur und sehr eingeschränkten Einsichten in den Zusammenhang der dahin gehörigen Warheiten. Diese ihre Erfindungen haben sie uns hinterlassen nebst einer langen Erfahrung von dem, was dadurch ausgerichtet wird, und überdem haben sich zu unsern Zeiten die Einsichten in die Beschaffenheit und Würkungen der mannigfaltigen Kräfte der Natur gar sehr erweitert und viel besser aufgekläret. Vermöge jener langwierigen Erfahrungen, und dieser uns beywohnenden deutlichern und ausführlichern Erkenntniß der Grund-Sätze der Natur-Lehre und Mathematik, sind wir allerdings berechtiget, uns eines richterlichen Ansehens über die Einrichtungen der Alten anzumaaßen, und sie nicht eher für unverbesserlich zu erklären, bis solches sowol durch Beweise als durch Erfahrung dargethan worden. Es giebt würklich Erfindungen der Alten, die man mit Recht vollkommen nennen kann, und die diesen Vorzug auch so gar nach den Aussprüchen der spitzfündigsten Theorie des neuen Calculs behaupten. Ich will nur eine davon zum Beyspiel anführen.

führen. Man weiß heutiges Tages die Kraft des Windes gegen Flächen, die ihm in allerley Gestalten und nach allerley Richtungen entgegen gestellet werden, zu bestimmen, so fein und genau, als man von denen Alten nicht vermuthen kann. Man weiß es, welche Figur eine solche Fläche haben muß, und wie groß der Winkel ihrer schiefen Richtung gegen den Wind seyn muß, wenn sie von dessen Eindrucke die stärkste Kraft zur Bewegung bekommen soll, die sie von ihm bekommen kann. Wenn man nach diesen Grund-Sätzen die Einrichtung unserer heutigen Wind-Mühlen prüfet, so findet sichs, daß sie eine unverbesserliche Erfindung der Alten sind. Eine jede Abänderung der Länge, der Breite, der Figur der Wind-Mühlen Flügel, und ihrer Verbindung mit der Welle würde die Maschine verschlimmern. Es ist zu bewundern, daß die Alten so glücklich seyn konnten, und daß man in denen neuern Zeiten eine recht tiefe Einsicht in die verborgenen Gesetze von der Bewegung der Körper besitzen muß, um beweisen zu können, daß sie es gewesen sind. Hingegen giebt es sehr viele andere Einrichtungen die wir von unsern Vorfahren geerbet, und die bey weiten nicht unverbesserlich sind, and noch andere, die mit großen Nutzen abgeschaft, und durch neue Erfindungen ersetzt werden könnten: allein die Strenge der hergebrachten Gewohnheit macht einen solchen Eindruck bey uns, der uns abschreckt, und der gewöhnliche Mangel an Einsichten in diese Sachen verursacht ein gewisses Bewußtseyn bey uns, das uns blöde macht. Beydes suchen wir durch eine übertriebene Hitze und unbefugten Eifer in Vertheidigung des alten Herkommens zu verbergen. Daher werden neue Erfindungen und Verbesserungen

sehr

sehr oft blos aus Vorurtheilen verworffen, die von Unwissenheit herrühren. Dieses Verfahren gewinnet auch oft den Schein der Rechtmäßigkeit durch die Fehler, die auf der andern Seite begangen werden, da man sich durch die Eingebungen des Erfindungs-Geistes hinreissen, und durch Eigenliebe verführen läßt, ein gar zu starkes Vertrauen auf seine Einfälle zu setzen, und sich etwas davon zu versprechen das hernach nicht in Erfüllung kommt. Auch dieses rühret allemal aus Mangel der Einsichten in die Grund-Sätze der Natur-Lehre und Mathematik her, und da es, wenn man nur eine richtige Erkenntniß derselben besitzet, allemal weit leichter ist eine neue Erfindung richtig zu beurtheilen, ihre Fehler und Vollkommenheiten gegen einander abzumessen, und darnach, wenn es zur Ausübung kommen soll, einen richtigen Ausspruch zu thun, als selbst etwas neues anzugeben; so ist leicht einzusehen, welcher Nutzen daraus für das allgemeine und besondere Beste entstehen würde, wenn diejenigen, welche das Ansehen und die Gewalt neue Vorschläge und Erfindungen zu genehmigen und auszuführen, oder zu verwerffen, in Händen haben, selbst einen guten Grund in diesen Wissenschaften geleget hätten. Es würde nichts neues, das gut ist, ungenutzt bleiben, und oft mit Verlust grosser Vortheile verworffen werden: es würde nichts Altes das böse ist, mit solcher Halsstarrigkeit und zum grossen Schaden, dessen man überhoben seyn könnte, vertheidiget werden: es würde auch nichts Neues, das übel ausgedacht ist, und noch schlechter ausgeführet wird, zum Aufwand so viel vergeblicher Unkosten verführen: man würde auch nicht genöthiget seyn in grossen und wichtigen Sachen nur bloß mit fremden Au-

gen zu sehen, und sich auf anderer mehrentheils unzuverläßiges Urtheil zu verlassen.

Ich habe nun die Nothwendigkeit eines Unterrichts der Jugend in denen Wissenschaften der Mathematik von verschiedenen Seiten vorgestellet, und bin davon so völlig überzeuget, daß ich so wenig damals, als es mir vor ohngefähr 14 Jahren aufgetragen wurde, einen Theil meiner Zeit auf dieses Geschäfte zu wenden, glaubte, ich würde eine unnütze Arbeit vornehmen, oder mich sowol als die Jugend zum Nachtheil meiner und ihrer anderweitigen nöthigern Beschäftigungen unterhalten; so wenig ich hernachmals, nachdem ich diese Arbeit neun Jahre lang fortgesetzt, Ursachen gefunden habe, mir dergleichen unnütze Gedanken beykommen zu lassen. Ich will nun berichten, was ich bey diesen Verrichtungen wahr genommen habe, und daraus einige Anmerkungen herleiten, welche zeigen werden, wie man bey dem Unterrichte der Jugend in diesen Sachen, meinem geringen Ermessen nach, zu Werke gehen müsse, wenn sie einen wahren und dauerhaften Nutzen davon haben soll. Ich schreibe Versuche, und lasse mich also nicht darauf ein, welche Lehr-Art dieser oder jener vorgeschlagen; sondern ich melde nur das, was mich meine eigene Erfahrung hierin gelehret hat, und lasse andere Vorschläge in ihren Würden. Solte ich etwa verschiedenes anführen, welches dieser oder jener Lehr-Art das Wort führen oder ihr nachtheilig seyn möchte; so geschiehet dieses blos darum, weil ich Gelegenheit gehabt zu sehen, welchen guten oder schlechten Fortgang sie gehabt, und dieses zu melden, glaube ich verpflichtet zu seyn, weil sonst die Beschreibung meiner

Ver-

Versuche unvollständig seyn würde. Bey dem allen kann ich nichts dafür, daß die Erfahrung auf dieser oder jener Seite den Ausschlag giebt, genug ich lasse sie reden, und einem jeden Leser die Freyheit zu urtheilen.

Man theilet die Mathematik in mathesin puram und adplicatam. In der erstern betrachtet man die Größen an und vor sich, ohne darauf zu sehen, von welcher Art und Beschaffenheit die Sachen sind, oder überhaupt was für Sachen es sind, denen sie zukommen: In der andern nimmt man zugleich die Natur und Beschaffenheit der Sachen in Betrachtung, mit deren Größe man sich beschäftiget. Es bedarf meines Erinnerns nicht, daß die Jugend in beyden Theilen unterrichtet werden müsse, und daß es ein unvollkommenes Werk sey, wenn man es bey dem ersten Theile der Mathematik bewenden läßt. Das, was ich vorhin angeführet habe, um die Nothwendigkeit dieses Unterrichts zu beweisen, beziehet sich größtentheils auf die mathesin adplicatam oder angewandte Mathematik. Diese ist also die Hauptsache und um ihrentwillen muß die mathesis pura oder die Wissenschaft von denen Größen an und vor sich betrachtet, erlernet werden. Läßt man es bey dieser bewenden; so legt man den Grund zu einen Gebäude ohne dasselbe aufzuführen. Die Einbildung, daß einer, der die Arithmetic und Geometrie gelernet ein Mathematik-Verständiger sey, ist eben so seltsam als der Wahn, den man der Jugend in Schulen beybringet: daß derjenige ein Gelehrter sey, der eine Fertigkeit in den Sprachen besitzt, ob er gleich in den Wissenschaften unwissend ist. Die Tiefsinnigkeit, welche die Erlernung der matheseos puræ erfor-

fordert, macht Mühe, die Anmuth und der Nutzen der matheseos adplicatæ belohnet sie. Ist die Jugend in der erstern fleißig, so muß man die letztere zur Belohnung hinzuthun. Ja! spricht man, wir haben keine Instrumente und Maschinen! Das ist freylich nicht gut! und alsdenn sind die Lehrer zu bedauren, wenn sie die Jugend in der mathesi adplicata unterrichten sollen. Diejenigen aber, welche Pfleger und Vormünder der Schulen sind, oder wenigstens seyn sollen, sind zu tadeln, daß sie die dazu nöthigen Unkosten nicht herbey schaffen, denn aus denen vorhin angeführten Beweisen der Nothwendigkeit dieses Unterrichts ist leicht abzunehmen, daß ein hinlänglicher Vorrath der nöthigsten Instrumente und Maschinen in einer wol eingerichteten Schule eben so unentbehrlich sey, als eine Schul-Bibliothek. Zu denen nothwendigsten Instrumenten und Maschinen rechne ich folgende:

In der mathesi pura.

1. Eine Meß-Kette und Meß-Schnur.
2. Zwölf geometrische Stäbe, jeder 6 Fuß hoch, $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser der Dicke, unten mit zugespitzten Eisen vorgeschuhet.
3. Ein Mensul nebst Diopter-Lineal.
4. Ein Astrolabium nebst Bußole.
5. Ein Höhen-Quadrant nebst Dioptern.
6. Die mathematischen Körper aus Pappe oder Holz verfertiget; als Cubus, Kugel, Prisma, Cylinder, Kegel, Pyramide, Tetraedrum 2c.
7. Ein Visir-Stab.

8. Ein

8. Ein prißmatisch Gefäß so mit Wasser angefüllet werden kann.

In der mathesi adplicata.

1. Die fünf mechanischen Potenzen von Holz verfertiget.
2. Eine Leupoldische mechanische Universal-Waage nebst zugehörigen Gewichten.
3. Kloben- oder Flaschen-Züge.
4. Eine Wasser- oder Nivellir-Waage nebst zwo Nivellir-Stangen und Zugehör.
5. Eine Setz-Waage.
6. Eine Leupoldische hyderstatische Waage nebst Zugehör an Cubic-Zollen aus allerley Materien und Gewichten.
7. Canales communicantes von allerley Richtungen und Weiten.
8. Ein anatomischer Heber.
9. Eine Luft-Pumpe nebst zugehörigen Recipienten, Wirbel-Recipienten und gläserner Kugel, die auf das Epistomium der Luft-Pumpe geschraubet werden kann, und mit einem meßingenen Hahn versehen ist.
10. Barometer von allerley Arten.
11. Thermometer von allerley Arten.
12. Ein Manometer.
13. Ein Hygrometer.
14. Ein Modell von einer holländischen Tonne oder Archimedis Wasser-Schraube, so verfertiget, daß man würklich damit Wasser heben kann.

15. Ein

15. Ein Modell von einer Eimer-Kunst, so verfertiget, daß man würklich damit Wasser heben kann.
16. Ein Modell von einem Druck-Werk, nebst einem Wasser-Rade, aus meßingenen Röhren so verfertiget, daß man würklich damit Wasser heben kann.
17. Ein Modell von einem Sauge-Werk aus meßingenen Röhren so verfertiget, daß man würklich damit Wasser heben kann.
18. Ein Modell von einem Schöpf-Rade nach einer der besten Arten so verfertiget, daß man würklich damit Wasser heben kann.
19. Ein Heber aus meßingenen Röhren, der würklich Wasser ziehet.
20. Ein Herons-Brunnen nebst den wichtigsten Aufsätzen auf Spring-Brunnen.
21. Ein gläserner Cubus.
22. Ein gläsern Prisma.
23. Ein gläserner Kegel.
24. Ein gutes Collectiv-Glas.
25. Eine Camera obscura.
26. Ein künstliches Auge.
27. Ein ebener Spiegel.
28. Ein Hohl-Spiegel.
29. Ein erhabener Spiegel.
30. Geschliffene Gläser von allen Sorten.
31. Ein galiläanisches Seh-Rohr.
32. Ein astronomisches Seh-Rohr von 6 Fuß.
33. Ein astronomisches Seh-Rohr von 16. bis 18 Fuß nebst zugehörigen Gestelle.
34. Gefärbte Gläser für beyde Seh-Röhre, um die Sonne betrachten zu können.

35. Ein einfaches und zusammengesetztes Vergrösserungs-Glas.
36. Eine Zauber-Laterne.
37. Eine sphæra armillaris.
38. Ein globus cœlestis und terrestris.
39. Eine Mittags-Linie auf einer Stern-Warte, oder an einen andern bequemen Ort, auf einer sichern Fläche gezogen, wenigstens 4 Fuß lang.
40. Ein astronomischer Quadrant wenigstens 2 Fuß im Halbmesser, nebst dazu gehöriger Regul und astronomischen Seh-Rohr, in dessen Brenn-Punkte Kreutz-Faden angebracht sind.
41. Micrometer von den besten Arten.
42. Eine astronomische Secunden-Uhr.
43. Ein Azimutal-Quadrant.
44. Eine parallactische Maschine.
45. Alle Arten von Sonnen-Uhren.
46. Ein Modell von einer regulmäßig nach 24 pfündigen Caliber verfertigten Canone, nebst Laffette.
47. Ein Modell von einem Hange-Mörser, Schemel-Mörser, stehenden Mörser.
48. Ein Modell von einer Petarde.
49. Modelle von allen Arten der Festungs-Werke, dafern dieselbe nicht in der Nähe zu sehen sind.
50. Ein Modell aus der Zimmermanns Bau-Kunst.

Mit diesen nothdürftigen Vorrathe wird ein Lehrer zur Noth fertig werden können.

Nun ist die Frage: wie die Jugend zur Erlernung der mathematischen Wissenschaften anzuführen sey? Der Anfang muß mit nichts anders als mit der Arithmetik

metik gemacht werden. Solte man aber nicht vorher einige Zeit mit einer historischen Einleitung in die mathematischen Wissenschaften zubringen? Nein! kaum zwo Stunden! Ich habe gefunden, und man kann leicht erachten, daß dieses zu nichts nuzet und sogar schädlich ist, so wie überhaupt viele dem ähnliche Arten in dergleichen Sachen zu verfahren, die jetziger Zeit im Vorschlag und in Ausübung gekommen sind, und die Jugend frühzeitig dazu angewöhnen, über die Oberfläche der Sachen hinweg zu rauschen, welches ihnen denn freylich, vermöge ihrer natürlichen Neigung, sehr angenehm seyn muß. Eine solche historische Einleitung muß nur dieses zur Absicht haben, daß die Jugend wisse, welche Wissenschaften die Mathematik enthalte, und welches der allgemeine und Haupt-Vorwurf einer jeden sey, und das kan ihr in einer oder zwo Stunden beygebracht werden. Will man sich aber ein halbes Jahr hindurch damit beschäftigen; so muß man sich nothwendig in eine Beschreibung auch wol gar in den Gebrauch der mathematischen Instrumente und Maschinen einlassen, welches die Lüsternheit da wo sie vorhanden sind schwerlich wird unterlassen können: und man thut es auch würklich, wie es heißt, in der Absicht die Jugend vorläufig damit bekannt zu machen; allein eben das ist theils unnöthig theils aber auch zufälliger weise schädlich. Unnöthig ist es, weil die Jugend diese Bekanntschaft in der Folge des ordentlichen Unterrichts zeitig genug erhält, und sie bis dahin zu nichts brauchen kann: was aber den Schaden betrift; so will ich hier nicht viel davon sagen, wie nachtheilig es dergleichen in öffentlichen Anstalten vorhandenen Instrumenten und Maschinen sey, wenn sie in so viele

und solche Hände gerathen; sondern nur dieses anführen, daß man jungen Leuten dadurch das Vorurtheil beybringet, als seyen sie von diesen Sachen schon hinlänglich unterrichtet, wenn sie von allerley Instrumenten, Maschinen und damit gemachten Versuchen zu plaudern wissen. Ich habe es erfahren, welch ein großes Hinderniß dieser Wahn dem hernachmaligen Fortgange des Unterrichts in den Weg lege, und wie schwer es sey ihnen denselben zu benehmen. Unvermerkt dringet das Vorurtheil sehr tief bey ihnen ein, als bestehe das ganze Geheimniß der mathematischen Wissenschaften in allerley Experimenten, Schnitzwerck, Reissen, Mahlen ꝛc. und wer es unter ihnen in diesen Spielwerken am weitsten bringet, und die mehreste Zeit damit zu verderben weiß, der ist ihrer Meinung nach Meister. Hierin kommt ihnen der jetziger Zeit in Schulen herrschende Geschmack, da das Seichte in diesen Sachen ungemein geliebet wird, treflich zu statten. Ich habe wahrgenommen, daß sehr viele auf berühmten Schulen des Unterrichts in mathematischen Wissenschaften, und zwar ihrer Meinung nach, mit sehr großen Nutzen genossen, und ihre ganze Stärke bestand in obigen treflichen Künsten. Ist der Geschmack junger Leute erst auf diese Art verdorben; so ist hernach kaum etwas nützliches mit ihnen auszurichten. Sie stehen in den Gedanken, das Wesen der Mathematik bestehe in dem artigen, in dem unerwarteten und wunderbaren: sucht man sie nun zur richtigen Erkenntniß der verschiedenen Kräfte der Natur, ihrer Art zu würken, der Gesetze nach welchen sie würken, und nach welchen die Größe ihrer Würkung zu bestimmen ist, und der Reguln, nach welchen man dieselbe in vorkom-

kommenden Fällen anwenden muß, anzuleiten; so sehen sie das als Tiefsinnigkeiten an, die nur auf unnöthiges Kopfbrechen hinaus laufen, und weiter zu nichts nutzen. Kurz, sie schlafen so lange man demonstriret, und wachen nicht eher auf bis man ein Experiment macht.

Es ist daher ohnstreitig besser, wenn der Anfang, wie gesagt, sogleich mit der Arithmetik gemacht wird. D.e trocknen die tiefsinnigen Grund-Sätze dieser Wissenschaft sind das erste, was ihnen von der Mathematik bekannt werden muß, und man mag es ihnen nur so leichte und so faßlich beyzubringen suchen, als es sich will thun lassen, genug, das ist das erste was sie gründlich verstehen müssen, dadurch müssen sie an der Mathematik den rechten Geschmack gewinnen, und dessen, was sie aus den Schulen der Rechen-Meister mit gebracht, gänzlich vergessen. In diesen Dunkelheiten muß man sich mit ihnen so lang aufhalten, bis sie ihnen zu lauter Licht werden. Dieses Licht wird ihnen hernach alle folgende Dunkelheiten der übrigen Wissenschaften helle machen: sie gehen beherzt hinein, und werden es gewohnt, lauter Licht darin zu finden und mit herauß bringen. Und das ist meines Erachtens der richtige Weg. Man wird hier den Einwurf machen: Diese Art zu verfahren sey für Kinder von 12 biß 13 Jahren zu schwer! Der Meinung bin ich auch. Man schiebe also die Erlernung der mathematischen Wissenschaften so lange auf, biß sie das 15te Jahr erreicht. Biß dahin haben sie genug zu thun, um in denen übrigen Schul-Sachen einen rechten Grund zu legen, und die Lebhaftigkeit ihres Gedächtnisses darin zu üben und dazu anzuwenden, wozu sie

hauptsächlich erfordert wird, als Sprachen, Geographie, Historie u. s. w. und denn erst ist es Zeit, das sich immer mehr entwickelnde Vermögen des Verstandes und der Beurtheilungs-Kraft zur mathematischen Gründlichkeit anzugewöhnen, eher nicht, oder man verfällt in den vorhingedachten Fehler des mathematischen Spiel-Wercks.

Ich habe zu diesen Unterrichte kein Lehr-Buch bequemer gefunden, als Wolfens Auszug: theils wegen der ohnedem schon bekannten Vorzüge desselben, theils auch aus der Ursach, weil zum künftigen weitern Fortgange in Erlernung der mathematischen Wissenschaften die Wolffischen Schriften die beste und vollständigste Anleitung geben. Ein junger Mensch, der sich ihrer bedienen will, muß sogleich im Anfange an Wolffens Vortrag gewöhnet seyn, das erleichtert ihm den Gebrauch der grössern Wercke dieses Mannes, und es gereicht ihm alsdenn zum grossen Vortheil, wenn er durch das Schwere, durch das Tiefsinnige, durch das Gründliche dieses Vortrages nicht mehr abgeschrecket wird.

Die Lehr-Sätze der Arithmetik von den Verhältnissen, von den Brüchen, vom Ausziehen der Wurzeln verschiedener Potenzen sind, nebst denen übrigen leichtern Rechnungen, der Grund der ganzen Mathematik, und dieser kan nicht fest und dauerhaft genug geleget werden. Wenn der Jugend der Zusammenhang dieser Sätze, oder die Folge derselben aus einander so deutlich als möglich gemacht wird; so liegt dieser Grund feste, und wenn man ihr die ersten allgemeinen Gründe, aus welchen die Beweise aller dieser Wahrheiten hergeleitet werden müssen, recht bekannt macht; so liegt er dauerhaft. Denn solcher allgemeinen Grund-Sätze giebt

giebt es wenige; und sie lassen sich also um so viel leichter im Gedächtniß behalten. Weil dieses Verfahren gar sehr vortheilhaft ist; so will ich mich hierüber deutlicher erklären, und aus jeder Wissenschaft diese allgemeinen Grund-Sätze, woraus alles übrige gar leicht hergeleitet werden kann, kürzlich anführen.

Die ganze Lehre von den Verhältnissen gründet sich darauf, daß man das grössere Glied entweder als eine Summe ansehen kann, davon die Differenz ein Theil ist; oder als ein Produkt, davon der Exponent ein Factor ist. Sind die Differenzen gleich; so richtet sich das Verhältniß der Summen nach den Verhältnissen der kleinen Glieder. Sind die Exponenten gleich; so richtet sich das Verhältniß der Produkte gleichfalls nach dem Verhältnisse der kleinern Glieder. Diese Wahrheiten können leicht begreiflich gemacht werden, und das übrige läßt sich daraus beweisen.

In der Lehre von den Brüchen muß man nie vergessen die Zähler und Nenner für das anzusehen, was sie würklich sind, nemlich den Zähler als eine Zahl darein dividiret werden solte, und den Nenner als eine Zahl damit man dividiren sollte. Aus diesen Begriffen von beyden Zahlen läßt sich die Ursach des Verfahrens bey allen Veränderungen der Brüche herleiten. Hat die Jugend den Satz mit Ueberzeugung gefaßt: daß man das vierte Glied einer geometrischen Proportion finde; wenn man das Produkt aus dem zweyten und dritten Gliede durchs erste Glied dividiret; so muß man obige Begriffe von den Brüchen mit dieser Regul verbinden, und alsdenn läßt sich die Regul de Tri mit Brüchen in einer einzigen Stunde so leicht begreifen, daß es zu bewundern ist, wie man die Jugend ganze

Wochen und Monathe lang damit aufhalten und sie durch die vielen verschiedenen Fälle, die hier vorkommen können, so ermüden und verwirren kann, daß sie am Ende doch nicht wissen, wie sie in einem vorkommenden Falle verfahren sollen. Die aus dieser Verwirrung entstehenden Schwürigkeiten legen ihnen hernach bey dem Fortgange zu denen übrigen Wissenschaften die grössesten Hindernisse in den Weg. Um sie zu vermeiden verfuhr ich folgendergestalt. Es sey ein Exempel nach der Regul de tri

$$\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{m}{n} : x = \frac{bcm}{adn}$$

Wenn man wissen will, wie groß x oder das vierte Glied sey; so muß man das Produkt aus c und m oder den Zähler des zweyten und dritten Gliedes formiren, und dasselbe durch a oder das erste Glied dividiren. Also ist a ein Divisor, d und n vermöge obiger Begriffe von den Brüchen gleichfalls. Man multiplicire also a d n mit einander, so hat man den Haupt-Divisorem des ganzen Exempels, c und m sind dividendi: b ist zwar an sich ein Divisor, weil es aber a in Ansehung des Produkts aus c und m gleichfalls ist; so muß b zu den Produkt des Dividendi genommen werden, denn ein Divisor des Divisoris ist allemal ein Factor von dem Produkte des Dividendi. Man multiplicire also b c m mit einander; so hat man den Dividendum des ganzen Exempels, und x kommt heraus, wenn man das Produkt b c m durch das Produkt a d n dividiret. Diese Sätze lassen sich leicht begreiflich machen, und alsdenn läßt sich die Auflösung aller möglichen Fälle in der Regul de tri mit Brüchen in einer

Viertel

Viertel-Stunde erlernen, und leicht im Gedächtnisse behalten. Denn wenn im ersten Gliede kein Bruch ist; so ist b=o, und man formiret also nur das Produkt aus c und m, um den Haupt-Dividendum zu bekommen. Ist im zwoten Gliede kein Bruch; so ist d=o, und man hat also nur das Produkt aus a und n zum Haupt-Divisor. Ist im dritten Gliede kein Bruch; so ist n=o, und also das Produkt aus a und d der Haupt-Divisor. Man lasse also junge Leute obiges Schema immer vor Augen haben, da die Zahlen, welche mit einander multipliciret werden müssen, durch Striche mit einander verbunden sind; so werden sie alle vorkommende Fälle auflösen können. Dieses Hülfs-Mittel aus der Arithmetik habe ich so brauchbar und nöthig befunden, daß ich besorge ohne dessen Gebrauch werden junge Leute die mehresten Exempel mit Brüchen, welche in den übrigen mathematischen Wissenschaften vorkommen, nicht aufzulösen wissen: oder man muß ihnen in jeden vorkommenden Falle den Unterricht aus der Regul de tri mit Brüchen wiederholen, welches aber sehr aufhält und die Gedanken zerstreuet. Denn ohne Brüche kommen wenig Exempel vor, und das Weglassen der Brüche ist sehr schädlich, und verführet junge Leute zur Geringschätzung der Genauigkeit. Das übrige in der Lehre von den Brüchen ist leicht.

In dem Unterrichte vom Ausziehen der Wurzeln verschiedener Potenzen ist die Arbeit, die man an die Jugend wendet, mehrentheils vergeblich, wenn man sie nicht dazu anleitet das Entstehen der Potenzen ganz zu übersehen, und sich alsdenn von deren Zergliederung oder dem Ausziehen ihrer Wurzeln einen deutlichen

Begrif zu machen, der leicht zu fassen ist, und die ganze Art zu verfahren, in einer allgemeinen Formul vorstellet, welche dem Gedächtnisse zu statten kommt, und ihnen bey jedesmaligen Gebrauche das Verfahren in der Rechnung ausführlich und vollständig wiederum ins Gemüth bringet. Denn sonst mag man sie unzählige Wurzeln ausziehen lassen: nach wenig Wochen werden sie wieder vergessen haben, wie man verfahren müsse. Ich habe daher folgenden Unterricht von der Sache sehr vortheilhaft befunden. Man setze, a und b wären die zwo Zahlen einer binomischen Quadrat-Wurzel, man multiplicire $a + b$ durch sich selbst; so ist das Produkt $a^2 + 2ab + b^2$. Ich sage diese Formul zeiget vollständig, wie man eine binomische Quadrat-Wurzel ausziehen müsse. Zufolge derselben hat man zu suchen

1. Das Quadrat der ersten Zahl der Wurzel a^2, welches in den bekannten Wurzel-Täflein zu finden ist. Man ziehe dieses Quadrat von den ersten Zahlen des gegebenen Quadrats ab; so hat man noch in dem Reste zu suchen
2. Das doppelte Produkt aus der ersten Zahl der Wurzel in die andere $2ab$. Denn weil man das Quadrat der ersten Zahl der Wurzel a^2 weiß; so weiß man auch dessen Wurzel a, als die erste Zahl der zu findenden Wurzel; man nehme also a zweymal oder $2a$, und dividire damit in den gedachten Rest; so hat man den Quotienten b, und diesen mit $2a$ multipliciret muß man unter die ersten Zahlen des Rests schreiben.
3. Endlich hat man noch das Quadrat der zweyten Zahl der Wurzel b^2 zu suchen. Man multipli-

cire

cire also die gefundene Zahl b mit sich selbst und schreibe das Produkt unter die letzten Zahlen des Rests, so ist, wenn alles aufgehet, die Wurzel einer Rational-Zahl richtig gefunden.

Bestehet die Wurzel aus drey Zahlen, so muß man zu der vorhin gemeldeten Formul noch einige Produkte hinzusetzen, welche man folgendermassen findet. In dem Produkte $2ab$ anstatt a setze man ab, und c anstatt b; so bekommt man folgende Produkte $2abc + c^2$. Diese zu der Formul hinzugesetzt hat man $a^2 + 2ab + b^2 + 2abc + c^2$ als eine vollständige Vorstellung wie eine trinomische Quadrat-Wurzel ausgezogen werden müsse. Denn man verfähret zuförderst wie vorhin; so hat man die beyden ersten Zahlen der Wurzel ab; sodann nimmt man ab zweymal oder $2ab$ und dividiret damit in die überbliebenen Zahlen des aufgegebenen trinomischen Quadrats; so bekommt man c zum Quotienten, diesen multipliciret man mit $2ab$; so hat man $2abc$. Dieses Produkt wird unter die ersten Zahlen des Rests geschrieben, und c mit sich selbst multipliciret oder c^2 setzet man unter die letztern; so ist auch diese Wurzel gefunden.

Auf diese Art ist es leicht eine polynomische Quadrat-Wurzel zu finden. Z. B. sie bestehe aus fünf Zahlen; so setzet man anstatt a, in $2ab$ der obigen Formul, abc, und d anstatt b; so hat man wiederum zwey Produkte $2abcd + d^2$ diese werden zur trinomischen Formul hinzugesetzet; so hat man eine Formul für eine Wurzel von 4 Zahlen. Man seze ferner anstatt a in $2ab$, $abcd$, und e anstatt b; so hat man die zwey Produkte $2abcde + e^2$ und folglich $a^2 + 2ab + b^2 + 2abc + c^2 + 2abcd + d^2 + 2abcde + e^2$

der

der Formul für eine Quadrat-Wurzel von fünf Zahlen.

Nun scheinet es zwar, als sey diese Methode schwer: allein sie ist ungemein vortheilhaft, und man muß sich die Mühe nicht verdriessen lassen sie jungen Leuten beyzubringen. Sie fassen dieselbe durch viele Beispiele endlich gar deutlich, und haben davon folgenden Nuzen: zuförderst werden sie im Nachdenken geübet und angewöhnet sich von den Grössen allgemeine Begriffe zu machen, welches zur Erlangung einer Fertigkeit in den mathematischen Wissenschaften nothwendig ist; sodenn ist es ihnen hernach leicht eine jede polynomische Wurzel einer jeden höhern Potenz zu finden. Man nehme die binomische Wurzel der dritten Potenz oder des Würfels $= a + b$; so ist ihr Quadrat $a^2 + 2ab + b^2$ dieses mit der Wurzel $a + b$ multipliciret giebt den Würfel $a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$. Nach dieser Formul findet man die binonische Cubic-Wurzel folgendermassen, man sucht

1. Den Cubus der ersten Zahl der Wurzel a^3 in dem Wurzel-Täflein; so hat man a oder die erste Zahl der Wurzel: ihren Cubus ziehet man von den ersten Zahlen des aufgegebenen Cubus ab; so sind in dem Reste folgende Produkte enthalten $3a^2b + 3ab^2 + b^3$, daher sucht man

2. $3a^2b$: weil man a hat; so nimmt man davon das Quadrat a^2 und multipliciret solches mit 3: mit $3a^2$ dividiret man in die ersten Zahlen des gedachten Restes, der Quotient ist b, dieses mit $3a^2$ multipliciret giebt $3a^2b$, dieses Produkt setzet man unter die ersten Zahlen des Rests.

3. $3ab^2$

3. $3ab^2$ findet man, wenn man b zuförderst mit sich selbst, und sodenn dieses Quadrat mit 3 a multipliciret: dieses Produkt setzet man auch unter den Rest, so, daß die letzte Zahl des Produkts eine Zahl weiter rechter Hand vorrückt.

4. Darauf nimmt man den Cubus von b oder b^3 und setzt ihn unter die letzten Zahlen des Rests; so ist die Cubic-Wurzel einer Rational-Zahl gefunden.

Soll die trinomische Cubic-Wurzel gefunden werden; so setzt man anstatt a in dem Produkte $3a^2b$ von der vorigen Formul ab, und c anstatt b; so hat man folgende Producte $3(ab)^2c + 3(ab)c^2 + c^3$. Diese Producte werden zu obiger Formul hinzu gesetzet; so hat man die Formul $a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3 + 3(ab)^2c + 3(ab)c^2 + c^3$, und an ihr die Anweisung, wie man die trinomische Cubic-Wurzel finden könne. Man verfähret zuförderst wie vorher; so ist man mit denen vier ersten Produkten der Formul fertig. Weil aber alsdenn von dem aufgegebenen Cubus noch Zahlen übrig bleiben; so hat man nun aus diesen die 3 folgenden Produkte aufzusuchen. Zu dem Ende erhebt man die beyden ersten Zahlen der Wurzel, die man nun schon gefunden hat, nemlich ab ins Quadrat ab^2, dieses wird 3 mal genommen, und mit $3ab^2$ wird in die ersten Zahlen des Rests dividiret. Der Quotient ist c, den multipliciret man mit $3(ab)^2$ so hat man $3(ab)^2c$ und dieses Produkt setzet man unter die ersten Zahlen des Rests. Darauf erhebt man c oder die dritte Zahl der Wurzel ins Quadrat, und multipliciret selbiges mit 3 (ab); so hat man

3(ab)

$3(ab)c^2$, dieses Produkt setzet man auch unter den Rest, so daß die letzte Zahl von $3(ab)c^2$ eine Zahl weiter rechter Hand unter das vorige Produkt vorrückt. Endlich erhebet man die dritte Zahl der Wurzel c in die dritte Dignität, und schreibet c^3 unter die letzten Zahlen des Rests; so ist die trinomische Cubic-Wurzel gefunden.

Soll eine polynomische Cubic-Wurzel gefunden werden; so verfähret man wie bey der polynomischen Wurzel von Quadrat-Zahlen. Es sey die polynomische Wurzel von fünf Zahlen: man setze anstatt a in dem Produkt $3a^2b$, abc, und d anstatt b; so hat man die Produkte $3(abc)^2d + 3(abc)d^2 + d^3$. Wenn man diese Produkte zu der Formul für eine trinomische Cubic-Wurzel hinzusetzet; so hat man die Formul, nach welcher eine Cubic-Wurzel von vier Zahlen gesucht werden muß. Man setzet ferner anstatt a in dem Produkte $3a^2b$, abcd, und e anstatt b; so hat man folgende Produkte $3(abcd)^2e + 3(abcd)e^2 + e^3$, diese zu der Formul für eine Cubic-Wurzel von vier Zahlen hinzugesetzt, geben folgende Formul: $a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3 + 3(ab)^2c + 3(ab)c^2 + c^3 + 3(abc)^2d + 3(abc)d^2 + d^3 + 3(abcd)^2e + 3(abcd)e^2 + e^3$, nach welcher die Cubic-Wurzel von fünf Zahlen gefunden werden kann.

Auf diese Art ist es leicht die Formuln für alle Wurzeln höherer Potenzen zu finden. Man erhebe $a + b$ zur vierten Potenz, oder multiplicire $a^2 + 2ab + b^2$ mit sich selbst; so hat man die Formul für die binomische Wurzel der vierten Potenz, nemlich

$$a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4$$

Man

Man setzet wiederum anstatt a in diesen Produkten ab, und c anstatt b; so hat man die Produkte $4(ab)^3 c + 6(ab)^2 c^2 + 4(ab)c^3 + c^4$. Diese Produkte zu der Formul für eine binomische Wurzel der vierten Potenz hinzugesetzet, machen sie zur Formul für eine trinomische Wurzel eben dieser Potenz, nemlich $a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4 + 4(ab)^3c + 6(ab)^2 c^2 + 4(ab)c^3 + c^4$. Man setze anstatt a in $4a^3b$ und in denen folgenden Produkten abc, und d anstatt b; so hat man folgende Produkte $4(abc)^3d + 6(abc)^2d^2 + 4(abc)d^3 + d^4$, wenn man diese Produkte zu der vorigen Formul hinzusetzet; so hat man die Formul für eine Wurzel von vier Zahlen der vierten Potenz.

Man erhebe $a + b$ zur fünften Potenz, oder multiplicire den Cubus $a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$ mit dem Quadrat $a^2 + 2ab + b^2$, so hat man $a^5 + 5a^4b + 10a^3b^2 + 10a^2b^3 + 5ab^4 + b^5$, oder die Formul für eine binomische Wurzel der fünften Potenz. Man setze anstatt a in allen diesen Produkten von $5a^4b$ an ab, und c anstatt b; so hat man folgende Produkte $5(ab)^4c + 10(ab)^3c^2 + 10(ab)^2 c^3 + 5(ab)c^4 + c^5$, wenn man diese Produkte zu obiger binomischen Formul hinzusetzet; so hat man die Formul für eine trinomische Wurzel der fünften Potenz, nemlich

$a^5 + 5a^4b + 10a^3b^2 + 10a^2b^3 + 5ab^4 + b^5 + 5(ab)^4c + 10(ab)^3c^2 + 10(ab)^2c^3 + 5(ab)c^4 + c^5$.

Auf diese Art kan man die Formuln für alle Wurzeln höherer Potenzen finden, und nach derselben eine jede polynomische Wurzel dieser Potenzen ausziehen.

Dieser

Dieser Unterricht wird jungen Leuten zuletzt so faßlich, daß ihnen das Ausziehen einer jeden gegebenen Wurzel leicht von statten gehet, und sie sind dabey gesichert, daß ihnen die Art, wie man darin verfahren müße, nicht wieder aus dem Gedächtniß komme. Sind sie einmal gewöhnet die Arbeit nach Anleitung der Formul zu verrichten; so ist diese in jeden vorkommenden Fall leicht verfertiget, und sie finden in deren Anblick die vollständigste Anweisung, wie sie verfahren müssen.

In der Geometrie ist ein zusammenhangender deutlicher Vortrag und eine gründliche Erörterung der vorkommenden Sachen für junge Leute etwas ungemein vortheilhaftes. Man lasse sie den Beweiß eines jeden Lehr-Satzes wiederholen; so wird man sehen, welche falsche Schlüsse sie machen, welche Sprünge im Beweisen sie thun: und diese ihre Fehler zu verbessern ist die nöthigste Arbeit, die man in dieser Absicht zu ihren Besten verrichten kan. Die Aufgaben müssen sie selbst auflösen, und sich üben solche Auflösungen aus den vorhergegangenen Lehr-Sätzen aufzusuchen: und wenn man ihnen dazu noch besondere Beyspiele von solchen Aufgaben, ausser denen, die im Lehr-Buche stehen, mit giebt; so befördert diese Uebung ihres einsamen Fleisses den Fortgang in diesen Wissenschaften. Hier bringet es nun die Beschaffenheit der vorkommenden Sachen mit sich, ihnen die Verfertigung und den Gebrauch des verjüngten Maaß-Stabes, den Gebrauch des Circuls, des Winkel-Masses, der Reiß-Feder u. s. w. zu zeigen. Man lasse sie die geometrischen Figuren auf dem Papier entwerfen, und die Aufgaben nach genauen Rissen, die sie selbst von denen dahin gehöri-

gehörigen Figuren verfertiget haben müssen, auflösen; so werden sie nicht nur die Grund-Sätze der Geometrie desto deutlicher fassen; sondern es wird ihnen auch, wie ich vielfältig bemerkt habe, durch diejenige Genauigkeit, welche man hierin von ihnen verlanget, die Fertigkeit im Reissen zwar nur beyläufig, aber doch so vollkommen beygebracht werden, daß es gar nicht nöthig ist, ihnen hierin noch besondere Anweisung zu geben, so nöthig es auch sonst ist, daß ein Mathematik-Verständiger seinen Entwurf in einem guten und genauen Risse vorzustellen wisse: allein, was diesen Punct betrift; so muß der Unterricht in denen Wissenschaften vorhergehen, ehe darin Risse verfertiget werden, und man muß sie in einer jeden Wissenschaft die darin vorkommenden Figuren zu Papiere bringen lassen; so kann man der sogenannten Reiß-Stunden überhoben seyn, welche nicht nur ein Zeit-Verlust; sondern auch zufälligerweise schädlich sind. Die Jugend gehet in diesen Uebungen, die ihnen sehr wohl gefallen, leicht zu weit, und ist sehr dazu aufgeleget einen schön gerathenen Riß als einen Beweis ihrer in mathematischen Wissenschaften erlangten Stärcke anzusehen, welches eben so thörigt ist, als wenn man die Fertigkeit schön zu schreiben, als einen Beweis der Gelehrsamkeit wolte angesehen wissen. Indessen muß ein Mathematik-Verständiger reissen können, und das kann gar wol, wie gesagt, beyläufig erlernet werden. Ich habe wahrgenommen, daß junge Leute auf die gemeldete Art tüchtig worden sind, nach vorhergegangener Anweisung in der Bürgerlichen und Kriegs-Baukunst sehr genaue und ziemliche Risse zu verfertigen, ohne darin, so viel das Reissen selbst betrift,

jemals besonders unterrichtet zu seyn. Es ist auch überhaupt sehr nöthig, daß man sie abhalte Risse von Sachen zu verfertigen, die sie noch nicht verstehen, weil auch das ein Zeit-Verlust ist, und zu Vorurtheilen verführet. Die schönen Schattirungen eines Risses sind zwar eine Zierde desselben, aber nicht nothwendig. Ein Riß kann auch ohne sie alles vorstellen, was er vorstellen soll.

In der Trigonometria plana, oder in der Lehre von Trianguln auf ebenen Flächen, muß der Unterricht so vollständig und gründlich geführet werden, als in der Geometrie selbst. Gewöhnlicher Weise ist diese Wissenschaft in dem halben Jahre die letzte, und sie muß es entgelten, wenn man durch vorhergegangene unnütze Weitläuftigkeiten die Zeit verlohren. Allein sie ist von solchen Nutzen und ihr Gebrauch ist so nothwendig in der gesammten Mathematik, daß es jungen Leuten zur grossen Verhinderung des Fortganges in diesen Wissenschaften gereicht, wenn man ihnen durch eine flüchtige und überhinrauschende Abhandlung die geringschätzige Meinung gegen die Grund-Sätze der Trigonometrie beybringet, als wären sie nur ein Anhang zur Geometrie. Sie werden dieses Irrthums nicht eher inne, biß sie in der Folge bey gründlicher Erlernung der übrigen Wissenschaften die Schwürigkeiten erfahren, die der Mangel an der nöthigen Fertigkeit in der Trigonometrie mit sich bringet. So nöthig es ist, daß man ihnen die Theorie von der Logarithmen erläutere, damit sie den Gebrauch derselben desto gründlicher verstehen; so unnütz und vergeblich ist es, eine Berechnung derselben mit ihnen vorzunehmen. Diese Arbeit gewähret den Vortheil nicht, der den Zeit-Verlust,

welchen sie verursachet, ersetzen könnte. Hier kann man sich die Früchte zu Nutze machen, welche wir der erstaunlichen Arbeit berühmter und um diese Wissenschaft sehr verdienter Männer zu dancken haben, die uns die Logarithmen auf alle vorkommende Fälle berechnet. Es ist hierin kein Mangel übrig gelassen, den man noch zu ersetzen hätte. Statt dessen ist es um so viel nöthiger, sie von der Theorie der Simuße, Trangenten und Secanten der Winckel, und von dem Gebrauche der Tabellen, in welchen ihre Grösse und ihre Logarithmen berechnet sind, so zu unterrichten, daß ihnen nichts von denen grossen Vortheilen, womit man sich derselben bedienen kann, unbekannt bleibe, und ihre Fertigkeit im Gebrauche derselben ganz vollkommen werde.

Die letzte und höchste Wissenschaft der Matheseos purä, ja der ganzen Mathematik ist die **Algebra.** Die Nothwendigkeit der Erlernung derselben, oder vielmehr der Uebung ihres Calculs, wird bloß darum von einigen geläugnet, weil ihnen die unendliche und überaus wichtigen Vortheile, die man davon zu erwarten hat, unbekannt sind: und die Schwürigkeiten, die dieser Unterricht sowol für Lehrende als Lernende mit sich bringet, stellet man sich vielleicht nur darum so fürchterlich vor, weil darin gar zu wenig Versuche gemacht werden: denn sonst würde man Gelegenheit genug finden, um wahrnehmen zu können, theils, daß es gar wohl möglich sey, hierin durch einen deutlichen und lebhaften Vortrag bey jungen Leuten etwas auszurichten, theils, daß diese Wissenschaft gleich die ersten an sie gewendeten Bemühungen mit solchem Vergnügen belohnet, über dessen Genuß jene fürchter-

lichen Vorstellungen gar bald verschwinden. Es ist nöthig dieses zu bemerken, damit die schädlichen Vorurtheile einmal abgeleget werden, welche die Aufnahme und eine allgemeinere Bekanntschaft mit denen Wissenschaften der höheren Mathematik bisher verhindert. Freylich sind diese Sachen nicht für Jedermann: aber unter einer Anzahl junger Leute, die sich in der Mathematik unterrichten lassen, giebt es immer einige wenige, welche die Fähigkeit besitzen, das Eindringen in die tiefen Geheimnisse dieser Wissenschaften wagen zu können, und eben diese wenigen müssen ermuntert werden von dieser ihrer Fähigkeit Gebrauch zu machen. Fehlet es aber dem Lehrer selbst an der gehörigen Fertigkeit, oder wol gar an der Ueberzeugung von der Wichtigkeit und dem Nutzen dieser Wissenschaft; so muß er die Leipziger acta Eruditorum fleißig lesen, diese werden ihn schon eines andern belehren.

Man kann bey Abhandlung dieser Wissenschaft nicht auf eine so systematische Art verfahren, wie bey denen übrigen. Die Algebra kann und muß durch Exempel erlernet werden. Junge Leute, die das Nachdenken und die Anstrengung der Kräfte des Verstandes scheuen, können gleich durch die ersten Aufgaben, deren Auflösung man ihnen vormacht, und die man sie, so gut als es sich will thun lassen, muß nachmachen lassen, belehret werden welche wichtige und nützliche Wahrheiten es sind, zu deren Entdeckung ihnen die Algebra den Weg zeiget, und die ihnen bey aller ihrer Fertigkeit in der gemeinen Arithmetik und Geometrie gewiß auf immer würde verborgen geblieben seyn. Dieser Umstand wird sie ermuntern einem

getreuen,

getreuen, deutlichen und lebhaften Unterrichte unermüdet zu folgen.

Man theilet die Algebram in zwo Theile, deren erster, analysis finitorum, von endlichen, der andere analysis infinitorum von unendlichen Grössen handelt. Die Aufgaben des ersten Theils sind von drey Arten. Die erste enthält Aufgaben aus der Arithmetik, die andere aus der Geometrie, die dritte aus der Trigonometrie. Man füget diesen auch wol einige Aufgaben aus der gemischten Mathematik hinzu. Ich habe vorhin gesagt: daß die Algebra die Form eines systematischen Vortrages nicht wol zulasse; sondern in lauter Aufgaben und Exempeln bestehe. Dabey muß man es lassen. Diejenigen Lehr-Bücher, welche bey einer guten Kürze auch eine gute Auswahl solcher Aufgaben von allen Arten enthalten, sind zum Unterricht die besten. Diejenigen hingegen, welche sich auf eine oder die andere Art von Aufgaben mit Beyseitsetzung der übrigen, weitläuftig einlassen, sind nicht so gut: denn man muß der Jugend sogleich bey dem ersten Unterrichte den weitläuftigen Umfang und ausgebreiteten Nutzen dieser Wissenschaft bekannt machen. Ich halte eine kluge Auswahl aus denen arithmetischen, geometrischen und trigonometrischen Aufgaben, die Wolffens Anfangs-Gründe der Algebra darbiethen, für das beste Mittel, der Jugend eine solche vorläuffige Kenntniß und Vorschmack von dieser Wissenschaft beyzubringen, daß sie hernachmals sowol begierig als fähig seyn wird, durch eigenen Fleiß weiter zu kommen. Vor allen Dingen muß sie in der Buchstaben-Rechnung wohlgeübet und ihr deutlich gezeiget werden, wie sich durch Sub-

traction die Grössen, so durch Addition, und durch Division die so durch Multiplication miteinander verbunden sind, von einander trennen lassen, und hinwiederum. Nächstdem ist zu einen glücklichen Unterricht in diese Sachen besonders nöthig, daß junge Leute bey jeder Aufgabe angewiesen werden, die Gleichungen recht zu formiren, und einen richtigen Gebrauch von denen bekannten Grössen zu machen, damit sie die verlangten unbekannten Grössen auf die rechte Art suchen lernen, und angewiesen werden richtig zu beurtheilen: was eine bestimmte und was eine unbestimmte Aufgabe sey, und wie man die leztere zu der Vollkommenheit der ersteren bringen müsse. Denn es heißt in der Algebra ganz eigentlich: Wie die Frage: so die Antwort: eine dunkele Frage giebt eine dunkele Antwort: eine unbestimmte Frage eine unbestimmte Antwort: eine Frage, die würklich gar keine Frage; sondern nur unter den Schein einer Frage ein bereits bekannter bejahender oder verneinender Satz ist, gar keine Antwort. Dieses alles wird sich bey Formirung der Gleichungen deutlich zeigen lassen, und giebt gute Reguln an die Hand, deren Anwendung sich aber nicht unter allgemeine Gesetze bringen läßt; sondern verschieden ist, nach Maaßgebung der unendlichen Verschiedenheit der vorkommenden Fälle. Sind die Gleichungen gehörig formiret; so ist die Auflösung der Aufgaben und der Unterricht davon leicht. Die Wolfische Erfindung von denen Veränderungen und Vergleichungen der Rational- und Irrational-Grössen, die dieser Autor in seinen Anfangs-Gründen der Algebra gleich zu Anfange abgehandelt, ist so wichtig, daß man sich keine Mühe muß verdriessen

driessen lassen, der Jugend deutliche Begriffe davon beyzubringen, so groß auch die Schwierigkeiten seyn mögen, die sich dabey äussern wollen. Der Vortheil, den die Ausübung dieser fürtreflichen Reguln in der Differential- und Integral-Rechnung an die Hand giebt, ist eine reichliche Belohnung alles daran gewendeten Fleisses, und man muß die Jugend nicht eher zür Erlernung dieses zweyten Theils der Algebra anführen, bis sie diese Reguln gefaßt, und in deren Ausübung eine Fertigkeit bekommen: alsdenn ist es eine Sache von geringer Schwierigkeit, ihnen eine solche Kenntniß von der Differential- und Integral-Rechnung, und einen solchen Geschmack daran beyzubringen, daß sie hernach schon von selbst darauf bedacht seyn werden, auf dem einmal betretenen Wege weiter zu kommen.

Ist nun in diesen Wissenschaften ein guter Grund geleget; so muß man junge Leute von der Nothwendigkeit überführen, darauf weiter zu bauen, und von denen erlernten Sachen zur wirklichen Erforschung der Geheimnisse der Natur Gebrauch zu machen. Dazu werden sie durch die Erlernung der Wissenschaften der angewandten Mathematik angeleitet, und ich will nun von dem, was ich bey dem Vortrage derselben wahrgenommen, noch etwas anführen.

Der Unterricht in der angewandten Mathematik, muß mit der Mechanik angefangen werden, und man thut nicht wol, wenn man eine andere Wissenschaft dazu nimmt. Denn alle übrigen Wissenschaften dieses Theils der Mathematik beschäftigen sich mit würklichen Grössen der Kräfte, welche die Cörper in der

Natur besitzen, und gründen sich auf Versuchen, die zu deren Erforschung gemacht werden müssen: diese erfordern aber eine richtige Kenntniß der dazu nöthigen Maschinen und Instrumente, ohne welche kein Versuch richtig beurtheilet, noch vielweniger ein richtiger Erfahrungs-Satz daraus hergenommen werden kann. Da nun in der Mechanik die allgemeinen Grund-Sätze von den Maschinen und Instrumenten abgehandelt werden; so wird der Unterricht in derselben bey allen übrigen Wissenschaften vorausgesetzt. Ich verstehe hier unter der Mechanik die Lehre von dem Gleichgewichte der Cörper, so wie sie auch in den Wolfischen Anfangs-Gründen verstanden wird: ob ich gleich glaube, daß dieser Name viel richtiger der Lehre von der Bewegung der Cörper gegeben werde; daher es auch sehr nöthig ist, jungen Leuten den Unterschied dieser beyden Wissenschaften zu zeigen, damit sie nicht auf die irrigen Gedanken gerathen: als hätten sie bey dem Unterrichte von denen mechanischen Potenzen, die wichtigen Geheimnisse der eigentlichen Mechanik erforschet, und sey das übrige, was in der höhern Mechanik von denen verschiedenen Bewegungen der Cörper vorgetragen wird, für unnützen Tiefsinn zu halten, zu welchen seltsamen und schädlichen Einfällen sie sehr geneigt sind. Das erste, was man Anfängern hierin beyzubringen hat, ist die Lehre von denen mechanischen Potenzen, und die erste unter diesen Potenzen ist der Hebel. Eine gründliche und deutliche Erklärung des Hebels und des gegenseitigen Verhältnisses der Kräfte desselben und ihrer Geschwindigkeiten, setzet junge Leute in den Stand die ganze Mechanik zu übersehen, in sofern sie von dem Gleich-

Gewichte

Gewichte der Cörper handelt. Alle übrige Potenzen, ja alle übrige Instrumente und Maschinen lassen sich daraus verstehen, und das Vermögen der bey ihnen angebrachten Kräfte muß daraus erkläret werden. Man kann ihnen beweisen, wie die äussere Gestalt einer Maschine das allgemeine Grund-Gesetz der Mechanik: daß die in einander würkenden und sich im Gleich-Gewicht erhaltenden Kräfte sich wie ihre gegenseitigen Geschwindigkeiten verhalten, so wenig verändere als etwas dazu beytrage; sondern nur in gewissen Fällen die Bequemlichkeit der Anwendung dieses Natur-Gesetzes zu den vorhabenden Zweck befördern. Läßt man es sich angelegen seyn, sie davon wol zu unterrichten; so haben sie einen gedoppelten grossen Vortheil davon. Zuförderst werden sie alsdenn die Lehren von den übrigen mechanischen Potenzen als richtige Folgen ansehen, die man aus dieser allgemeinen Theorie von dem Gleich-Gewichte der Cörper herleiten muß, welches bey allen denen Wissenschaften, die sich auf einen allgemeinen Grund-Satz bringen lassen, ein fürtrefliches Mittel ist, sie ganz zu übersehen, eine Fertigkeit darin zu erlangen, und dem Gedächtnisse zu Hülffe zu kommen. Sodann kommen sie durch solche Anweisung auf die rechte Spuhr, das was einer jeden Maschine und Instrumente wesentlich ist, zu verstehen, ein richtiges Urtheil darüber zu fällen, und die Mängel oder Vollkommenheiten zu entdecken.

Weil verschiedene Maschinen, die in denen Wolfischen Anfangs-Gründen beschrieben werden, durchs Wasser in Bewegung gesetzet werden, und dieses allezeit das erforderliche Gefälle haben muß, wenn es

seine Würkung leisten soll, so hat das Veranlassung gegeben, das Nivelliren oder Wasser-Wägen mit in die Mechanik zu bringen, welches auch gar wohl geschehen konnte, wenn nur sonst jungen Leuten die Wichtigkeit dieser besondern Wissenschaft gehörig bekannt gemacht wird: denn sie ist von solcher Erheblichkeit, daß ohne sie nichts zuverläßiges in dem Mühlen- und Wasser-Bau vorgenommen werden kann. Es ist auch nicht genug, daß man sie, wie gewöhnlich anweise, nach der scheinbaren Horizontal-Linie zu nivelliren; man muß sie auch unterrichten, wie sie sich bey Bestimmung der wahren Horizontal-Linie zu verhalten haben, und in welchen Fällen es nöthig sey von der scheinbaren Horizontal-Linie ganz abzugehen, und die Lage der vorkommenden Höhen nach der wahren Horizontal-Linie zu bestimmen. Es ist auch allemal besser ihnen, anstatt einer grossen Menge von Instrumenten, die zu dem Ende in Vorschlag gebracht werden, nur eines und das andere von denen besten bekannt zu machen, und dessen richtigen Gebrauch zu zeigen; so werden sie schon von selbst geschickt genug seyn, die übrigen Instrumente zu beurtheilen, und deren Werth zu bestimmen.

Die Hydrostatik ist gewissermassen ein Theil der Mechanik, denn sie handelt von dem Gleich-Gewichte der flüßigen Materien. Man kann diese fürtrefliche Wissenschaft, die in so vielen wichtigen Untersuchungen der Natur-Forscher zu Hülffe genommen werden muß, jungen Leuten sehr anpreisen. Der Haupt-Inhalt derselben beruhet auf wenigen Grund-Säzen und kann also leicht übersehen werden. Diese Grund-Säze zu erläutern, zu beweisen und durch Versuche zu bestätigen,

gen,

gen, ist hier die Haupt-Sache. Der erste betrift die Würkung der Schwere flüßiger Cörper gegeneinander, und bestehet in dem allgemeinen Gesetze: daß die Höhen des Standes, in welchem flüßige Materien in zusammenhangenden Röhren durch ihre gegenseitige Schweren erhalten werden, ich sage, daß diese Höhen sich verhalten, wie die gegenseitigen eigenthümlichen Schweren, d. i. die Höhe der leichteren flüßigen Materie verhält sich zu der Höhe der schwereren, wie die Schwere der lezteren, zu der Schwere der ersteren. Der andere Grund-Saz betrift die Würkungen der Schwere flüßiger Materien gegen die Schwere fester Cörper, die von ihnen umgeben sind oder getragen werden, und bestehet in dem allgemeinen Geseze: daß diese Würkungen sich verhalten, wie die Schwere der Maße der flüßigen Materie deren Stelle die festen Cörper einnehmen. Aus diesen beyden Grund-Säzen läßt sich das übrige herleiten, und man hat bey Abhandlung dieser Wissenschaft vorzüglich gute Gelegenheit, die Jugend zum richtigen Schliessen und zur Ausübung des mathematischen Calculs anzuleiten.

In der **Aerometrie**, in sofern man sie als eine mathematische Wissenschaft betrachtet und abhandelt, hat man sich insonderheit für Zerstreuung zu hüten, welche dadurch verursachet wird, wenn man sich zuviel in dasjenige, was in der Lehre von der Luft physisch ist, einläßt. Die Menge von Versuchen, welche dadurch veranlasset werden, hat zwar etwas Lockendes an sich, äussert aber dabey zugleich die nachtheilige Würkung, daß die Jugend darüber der Haupt-Sache vergißt, oder ihr wenigstens zu viel von der gebührenden Aufmerksamkeit entziehet. Das vornehmste in der mathe-

matischen

matischen Aerometrie bestehet in der Untersuchung zwoer Eigenschaften der Luft, nemlich der Schwere und der ausdähnenden Kraft, und der Grösse ihrer Würkungen. Ist die Würklichkeit dieser beyden Eigenschaften der Luft durch einige Haupt-Versuche bewiesen; so hat man die Jugend nur dazu anzuleiten, wie die Grösse ihrer Würkungen zu bestimmen sey, und das übrige muß man der Natur-Lehre überlassen.

Die **Hydraulik** ist eigentlich eine Anwendung der Grund-Säze der Mechanik, Hyderstatik und Aerometrie, zu Verfertigung solcher Maschinen, die das Wasser heben sollen. Es giebt deren verschiedene, deren Einrichtung man zu erläutern pfleget, und deren Gebrauch doch gar nicht anzurathen ist. Dahingegen giebt es andere, die noch immer im Gebrauche bleiben, und durch die fortwährenden Bemühungen derer, die sich damit beschäftigen, auch immer vollkommener werden. Dahin gehören die Druck- und Sauge-Werke und die Schöpf-Räder. Die lezteren erfordern eine gute Einsicht in die Grund-Säze der Mechanik. Die beyden erstern aber beruhen in Ansehung ihrer Würkung auf einem gewissen Saze, der meines Erachtens, der wichtigste in der ganzen Hydraulik ist. Ich meine den Saz: daß (die Reibung und übrige Einrichtung der Maschine bey Seite gesezt) die Gewalt, welche der Kolben eines Druck- und Säuge-Werks zu überwinden hat, so groß sey, als die Schwere eines Wasser-Cylinders, dessen Grund-Fläche der Fläche des Kolbens, und dessen Höhe derjenigen senkrechten Höhe gleich ist, zu welcher man das Wasser heben will. Dieser Saz bedarf der sorgfältigsten Erläuterung des ausführlichsten Beweises, und der zuverläßigsten

sten Bestätigung durch Versuche. Haben ihn junge Leute recht gefaßt, und zur Anwendung desselben auf Maschinen dieser Art Anleitung bekommen; so haben sie das Wichtigste in der Hydraulik begriffen. Die Ausübung erfordert Erfahrung, und es ist nöthig ihnen bey dem Unterrichte in dieser Wissenschaft bekannt zu machen, welche Materien und welche verschiedene Arten des Holzes sich zu einer jeden Art von Wasser-Röhren, nach Maaßgebung ihres verschiedenen Gebrauchs, am besten schicken.

Die **optischen Wissenschaften** nehmen an der Erweiterung der Erkenntniß, die man in den beyden letzteren Jahrhunderten in Ansehung der wichtigsten Geheimnisse der Natur erlanget hat, einen sehr grossen Antheil. Gewisse Wege zu deren Erforschung haben sie alleine eröfnet. Seit der Aufnahme der Lehre von der Brechung der Licht-Strahlen durch geschliffene Gläser, ist es in der grossen und kleinen Cörper-Welt helle geworden: und den grössesten Theil der richtigen Begriffe, die man von denen beyde Welten betreffenden Sachen hat, haben wir durch Hülffe dieser Wissenschaften erhalten; es wird auch ohne ihre Beyhülffe nicht möglich seyn aufs künftige darin weiter zu kommen. Daher hat die Nothwendigkeit der Erlernung dieser Wissenschaften ihre wichtigen Gründe.

Die **Optik** ist die erste unter ihnen. Sie handelt von dem Werk-Zeuge des Gesichts und vom Gebrauche desselben, und wie die Vorstellungen von der ausser uns befindlichen Cörper-Welt dadurch verursacht werden. Sie giebt die Reguln an die Hand, nach welchen aus diesen sinnlichen Vorstellungen richtige

tige

tige Begriffe hergeleitet werden müssen. Ein sehr grosser Theil dieser Reguln beziehet sich auf den Anblick des Welt-Gebäudes, und ihre ausgemachte Richtigkeit kann einen jeden von der Wahrheit überzeugen: daß dieser Anblick die Gestalt und Einrichtung des Welt-Gebäudes ganz anders vorstelle, als sie würklich beschaffen ist. Daher ist es auch ohne sorgfältige Bemerkung dieser Reguln nicht möglich zur richtigen Erkenntniß dieser grossen Werke des Schöpfers kommen zu können: und man siehet daraus, daß die Optik zu astronomischen Kenntnissen den Grund lege.

Die **Catoptrik** handelt von der Zurückprallung der Licht-Strahlen auf Spiegel-Flächen, und ihr Haupt-Inhalt ist das allgemeine Gesez von der Gleichheit des Einfalls- und des Prall-Winkels der Licht-Strahlen. Die Anwendung dieses Gesezes auf die verschiedenen Gestalten der Spiegel-Flächen, um die vermittelst der leztern entstehenden Erscheinungen zu erklären, ist hier die Haupt-Sache.

Die **Dioptrik** handelt von der Brechung der Licht-Strahlen in durchsichtigen Materien, welche darin bestehet, daß wenn ein Licht-Strahl aus einer dünneren in eine dichtere durchsichtige Materie, und wiederum, fähret; derselbe von seiner vorigen Richtung abweichet. Aus der verschiedenen Grösse der Winkel unter welchen diese Abweichungen geschehen, werden die daher entstehenden Vorstellungen der Sachen erkläret, und das alles insonderheit auf die Verfertigung der Fern- und Vergrösserungs-Gläser angewendet.

Die **Perspectiv** kann man gar wol der eigenen Uebung junger Leute überlassen; wenn sie in den vorhergehenden Wissenschaften einige Fertigkeit erlanget, und hernachmals nach Befinden der Umstände genöthiget werden Gebrauch davon zu machen, welches insonderheit zu geschehen pfleget, wenn von allerley, und insonderheit von astronomischen Projectionen Entwürffe gemacht werden sollen.

Die fürtreflichste unter allen Wissenschaften der Mathematik ist die **Astronomie.** Sie eröfnet eine solche Aussicht in die Werke der Schöpfung, die man von keiner der übrigen erwarten kann. Der Inhalt dieser Wissenschaft, der Belehrungen und Vergnügungen, die sie gewähret, sind dem Menschen würdig, und flössen der Seele solche Begriffe von der Majestät des göttlichen Wesens ein, die alles das, was die natürliche und aus der Offenbahrung geschöpfte Erkenntniß Gottes lehret, gewaltig unterstüzen. Daher solte billig ein jeder, dem es darum zu thun ist, eine so vollständige Erkenntniß Gottes zu erlangen, als es dem Menschen möglich ist, darauf bedacht seyn, wie er auch mit demjenigen Lichte versehen werden möge, welches die Grund-Säze der Astronomie abgeben. Wenigstens ist es nöthig junge Leute in den Anfangs-Gründen dieser Wissenschaft so weit zu führen, daß sie sich hernachmals nach Beschaffenheit ihrer Umstände darin weiter forthelffen, und die von diesen Sachen bereits geschriebenen und noch künftig herauskommenden Abhandlungen verstehen können. Soll nun dieser Zweck erreicht werden; so ist es gewiß nicht genug, daß man sie die sogenannte Himmels-Kugel verstehen,

und zur Auflösung der astronomischen Aufgaben gebrauchen lehre. Denn das ist in der Haupt-Sache so viel als nichts, und die grösseste Fertigkeit, die sie auch hierin erlangen mögen, ist noch lange kein Beweis, daß sie von dem Welt-Gebäude richtige Begriffe haben. Wolffens Auszug ist meines Erachtens das beste Lehr-Buch, dessen man sich hierin zum Unterrichte bedienen kann, weil die Anfangs-Gründe zu weitläuftig sind. Soll der Unterricht aber zu dem gedachten Zweck hinreichend seyn; so halte ich dafür, man habe dabey folgende Reguln zu beobachten.

1. Die Abhandlung der sphärischen Trigonometrie, oder der Lehre von Trianguln auf der Ober Fläche einer Kugel muß vorangehen, weil es ohne deren Anweisung nicht möglich ist die Aufgaben der sphärischen Astronomie genau auflösen zu können. Dieser vorläuffige Unterricht, der als eine nothwendige Zubereitung auf die Erlernung der Astronomie anzusehen ist, hat auch in der That die Schwierigkeiten nicht, die man sich einbildet. Man macht, wie billig, den Anfang mit der Lehre von recht winklichten Trianguln, und diese ganze Lehre beruhet auf zween Lehr-Säzen. Der erste ist dieser

   a. Das Rectangulum aus dem Sin. Tot, und dem Cosin. des mitlern Theils eines recht winklichten sphärischen Trianguls ist dem Rectangulo aus den Sinibus der anliegenden Theile gleich. Der zweyte ist

   b. Das Rectangulum aus dem Sin. Tot und dem Cotang. des mitleren Theils ist dem

Rectan-

Rectangulo aus den Cotangentibus der abgesonderten Theile gleich.

Sind diese beyden Lehr-Säze jungen Leuten gehörig erläutert; so können sie alle astronomische Aufgaben, die recht winklichte sphärische Triangul betreffen, auflösen. Nach dieser Grundlegung ist es auch nicht schwer ihnen die Lehr-Sätze von denen übrigen sphärischen Trianguln beyzubringen. Und alsdenn sind sie eines solchen Unterrichts in der Astronomie, davon ich hier rede, fähig.

2. Bey dem Unterrichte in der Astronomie selbst, müssen alle Aufgaben nicht nur vermittelst der Himmels-Kugel; sondern auch trigonometrisch aufgelöset werden, und man muß junge Leute darin zur grössesten Genauigkeit angewöhnen.

3. Insonderheit ist es nöthig ihnen die Wichtigkeit der Mittags-Linie bekannt zu machen, denn auf diese und deren Richtigkeit gründen sich alle astronomische Beobachtungen. Sie müssen also von den besten und zuverläßigsten Arten diese Linie zu bestimmen und von der Genauigkeit, die man dabey zu beobachten hat, unterrichtet seyn. Der unmittelbare Gebrauch der Mittags-Linie ist gedoppelt, und lauft theils auf die Bestimmung der Zeit, theils auf die Beobachtung der Gestirne, wenn sie im Mittags-Creyse stehen, hinaus. Ohne diese beyde Arten des Gebrauchs der Mittags-Linie wird in der Astronomie nichts gewisses, nichts brauchbares ausgerichtet. Daher

her kann dieses alles nicht deutlich und faßlich genug gemacht werden.

4. Endlich ist es nöthig ihnen den Gebrauch der astronomischen Secunden-Uhr, deren Stellung, die Zeit-Gleichung, den Gebrauch des Quadranten, der astronomischen Fern-Gläser, des Micrometers zu erläutern, und ihnen nicht leicht etwas dabey wesentliches unbekannt zu lassen.

Ist ihnen der Weg auf diese Art gebahnet, so können sie in Ansehung der Grund-Säze der theorischen Astronomie von der wahren Gestalt und Einrichtung des Welt-Gebäudes zu richtigen Einsichten gelangen. Und es wird sodenn wenig Mühe erfordern sie in der Geographie, Gnomonik und Chronologie so zu unterrichten, daß sie die dahin gehörigen Sachen nicht nur mit dem Gedächtnisse fassen; sondern auch alles deutlich und gründlich verstehen lernen.

Darauf folget nun nach der Wolfischen Ordnung in dem Auszug der Anfangs Gründe, die Artillerie. Diese ist nach der bisherigen Verfassung eine annoch unvollkommene Wissenschaft, weil man es in Ansehung der Sachen, davon sie handelt, zu einer ausgemachten Gewißheit noch nicht hat bringen können; sondern vieles auf das Herkommen und auf die Gewohnheit derer, die mit diesen Sachen umzugehen haben, beruhen lassen muß. Daher ist es gut, jungen Leuten diese Wissenschaft auf eine solche Art vorzutragen, daß sie nicht glauben: es seye nothwendig alles bey dem alten Herkommen bleiben zu lassen. In der Lehre von dem Schieß-

Schieß-Pulver sind hauptsächlich dessen verschiedene Bestand-Theile und das Verhältniß ihrer Menge gegen einander merkwürdig. Diese Sachen sind zwar physisch, weil sie aber die Haupt-Sache in der ganzen Artillerie ausmachen; so scheinet es nothwendig zu seyn sich hier durch eine kleine Ausschweiffung in physische Untersuchungen einzulassen. Die Lehre von der Kraft des Schieß-Pulvers gehöret zwar eigentlich in die Mathematik: allein die Bestimmung ihrer Grösse findet grosse Schwierigkeiten, und es bedarf noch immer einer fortgesetzten physischen Untersuchung: ob die würkende Ursach dieser entsetzlichen Kraft allein in dem Feuer des Pulvers oder auch zugleich in einer Menge von Luft aufzusuchen sey, welche in den Bestand-Theilen des Salpeters eingeschlossen ist. Die Einrichtung und der Gebrauch des Geschützes haben zwar in der bisherigen Gewohnheit ihre Bestimmung: es ist aber noch nicht bewiesen, daß sie die rechte und beste sey. Bey der Einrichtung des Geschützes kommt es hauptsächlich auf die Länge desselben, und bey dem Gebrauche auf die Stärke der Ladungen an. Man nimmt zur Ladung die halbe Kugel-Schwere: allein es ist die Frage: ob diese Ladung bey der einmal bestimmten Länge der Canonen die beste sey. Die Erfahrung lehret: daß ein Rohr von grösserer Länge auch eine stärkere Ladung erfordere, wenn es die stärkste Würkung, die es kann, äussern soll. Also muß noch ausgemacht werden, welche Stärke der Ladung bey einer jeden gegebenen Länge des Rohrs einer Canone erfordert werde. Die sonderbaren Würkungen des Pulvers in den Minen erfordern auch noch Untersuchungen. Bald sind die Minen zu stark geladen

und alsdenn ist der Umfang ihrer Oefnung zu klein; bald sind sie zu schwach geladen, und alsdenn erschüttern sie nur bloß. Wie groß muß also die Ladung einer Mine seyn? Bey dieser Untersuchung muß nicht nur die Menge; sondern auch die Beschaffenheit der Masse, die gesprenget werden soll, in Betrachtung genommen werden. Die Bewegung der Bomben und Canonen-Kugeln, wenn sie unter gewissen Winkeln geworfen werden, gehöret eigentlich nicht in die Artillerie; sondern in die höhere Mechanik, die unter andern auch von der Bewegung geworff'ner Cörper handelt. Man muß sie also da aus dem Zusammenhange mit den übrigen Lehren der Mechanik nicht herausnehmen, denn dadurch würde man sie verdunkeln, weil man sie aus dem Lichte heraus nimmt, welches ihr von den übrigen Grund-Sätzen der Mechanik ertheilet wird, und sie ist demohngeachtet noch dunkel genug.

Die **Festungs-Baukunst** (Fortification) hat man in allgemeine (General Maximen) und besondere Reguln (Special-Maximen) eingetheilet. Die allgemeinen Reguln betreffen die wesentliche Einrichtung des Haupt-Walls und seiner Boll-Werke, des Haupt-Grabens, des verdeckten Weges und Glacis, der Ravelinen, Demilünen, Lünetten, Couvrefacen, Traversen u. s. w. Die besondern Reguln betreffen die zufällige und willkührliche Einrichtungen aller dieser Theile und ihrer Verbindungen mit einander. Man kann diese allgemeinen und besondern Reguln als Lehr-Sätze ansehen, die sich aus der Absicht eines jeden dieser Theile und aus der heutigen Art des Angriffs beweisen lassen. Dadurch bekommen junge Leute allgemeine

meine und gegründete Begriffe von dem ganzen Zusammenhange und Einrichtung der Theile einer Festung. Sie werden auf diese Art gar bald lernen, zuförderst, den Plan einer regulären Festung zu entwerffen: sodann die verschiedenen besonderen Plans einiger berühmten Ingenieurs richtig zu beurtheilen, und das Beste daraus zu nehmen, und endlich auch nach Beschaffenheit der Lage eines gegebenen Orts auch irreguläre Plans zu entwerffen, und die vortheilhaftesten Einrichtungen aus denen verschiedenen bekannt gewordenen Plans mit hinein zu bringen. Wenigstens werden sie durch solche vorläuffige Anweisung in den Stand gesetzet sich allemal weiter forthelfen zu können, je nachdem es ihr Beruf erfordert. Ich halte es nicht für rathsam sie mit Verfertigung vieler Risse aufzuhalten, denn diese, wenn es nachgemachte Risse sind, beweisen niemals, daß sie die Sachen verstehen, wovon sie Risse machen. Sind sie aber auf die gemeldete Art wissenschaftlich unterrichtet; so kann man aus einem Risse, den sie nicht nach der Vorschrift dieses oder jenes Ingenieurs, sondern aus ihren eigenen Einsichten mit Verstand, Ueberlegung und Beurtheilungs-Kraft verfertiget, und aus denen darin begangenen Fehlern, wenn man denselben mit ihnen sorgfältig durchgehet, gar bald merken, woran es ihnen noch fehle, und welche Sachen sie noch nicht recht gefaßt. Hilft man ihnen nun darin fort; so können sie hernachmals alle Risse von dieser Art verfertigen.

Ich komme nun auf die bürgerliche Bau-Kunst, die eine der nützlichsten und wichtigsten unter denen Wissenschaften der gemischten Mathematik ist, und von welcher man insonderheit behaupten kann: junge

Leute werden dereinst Gelegenheit und Veranlassung finden Gebrauch davon zu machen, wenn sie etwas Gründliches hierin erlernet, ihr Beruf falle auch einmal aus, wie er wolle. Daher ist ein vollständiger und richtiger Unterricht von derselben ungemein vortheilhaft für sie, und so nöthig, daß man es als das einzige Mittel anzusehen hat, wodurch dem jetzigen grossen Verfalle dieser Wissenschaft abgeholffen werden kann, wenn der Jugend hierin bessere Grund-Sätze beygebracht werden, als diejenigen sind, welche bisher die Oberhand gewonnen, und einen allgemeinen verderbten Geschmack eingeführet haben, der fast an allen in den neuern Zeiten aufgeführten Gebäuden und Pallästen offenbar genug in die Augen fällt, so daß man gewiß sehr weit gehen, und lange, bis zur Ermüdung, suchen muß, wenn man etwas ächtes und reines in der Bau-Kunst finden will. Ich will mich daher in Ansehung dieser Wissenschaft etwas ausführlicher erklären, und einen kurzen Entwurf von demjenigen Unterrichte machen, der, meines Erachtens, der Jugend ertheilet werden könnte, wenn einmal ein reiner und vernünftiger Geschmack in der Bau-Kunst wieder hergestellet werden soll.

Laßt uns zuförderst die Grund-Sätze bestimmen, nach welchen in der Bau-Kunst verfahren werden muß. Dieser sind drey. Der erste betrift die Dauerhaftigkeit, der andere die Bequemlichkeit, der dritte die Schönheit. Diese drey Grund-Sätze fassen ein vollständiges Lehr-Gebäude von dieser Wissenschaft in sich, sie entscheiden und bestimmen alles. Keiner unter ihnen läßt sich von den übrigen absondern. Aus ihnen muß alles hergeleitet werden. Was sich durch sie

nicht

nicht rechtfertigen läßt, ist Unrath und ohne Vernunft angebracht. Genug die Bau-Kunst weiß von keinen andern Grund-Sätzen, und sie bedarf auch keiner andern, ihre ganze Vollkommenheit ist in diesen dreyen Grund-Sätzen zusammen gefaßt. Dies alles wird man der Jugend ohne Schwierigkeit erläutern und begreiflich machen können, und man muß ihnen diese Sätze zu strengen Reguln machen. Keine Abweichung von diesen Reguln läßt sich entschuldigen.

1. Der erste Grund-Satz betrift also die Dauerhaftigkeit, und bey deren Erläuterung ist die erste Untersuchung auf

a. Die Bau-Materialien deren innere Güte und Zubereitung gerichtet. Die Fehler die hierin bey unserer jetzigen Einrichtung des Bau-Wesens begangen werden, sind offenbar, um so viel leichter und nöthiger ist es junge Leute dafür zu warnen, sie auf eine vortheilhafte Art gegen dieselben und gegen das leidige Herkommen einzunehmen, und es ihnen bekannt zu machen, wie diesem Unheil zu begegnen sey. Daher würde ihnen

aa. In Ansehung des Kalks gezeiget werden müssen, aus welchen Steinen der beste Kalk gebrannt werde, wie nöthig es sey durch sorgfältige Versuche dahin zu trachten, daß wir denen Alten, in Ansehung der Festigkeit des Kalks so nahe kommen mögen, als es möglich ist, ingleichen, wie gut es sey ihn lange vor dem Gebrauche zu löschen,

löschen, und, wo möglich, einige Jahre vorher in der Erde liegen zu lassen.

bb. In Ansehung der Steine: wie deren Güte und Dauerhaftigkeit zu erforschen sey: wie sie zum vorhabenden Bau zu verwahren, und aus welcher Erde die besten gebackenen Steine verfertiget werden.

cc. In Ansehung des Sandes: welche Art desselben zum Mörtel die beste sey; wie er zum vorhabenden Bau gesichtet, und an einen trockenen und gegen den Wind verwahrten Orte aufbehalten werden müsse. Es ist auch allerdings nöthig sich um ein gehöriges Verhältniß zu bekümmern, nach welchen Sand und Kalk mit einander vermischt, und wie viel Wasser auf eine aus beyden gemischte Masse gegossen werden müsse, wenn ein fest bindender Mörtel daraus werden soll. Denn es ist keine geringe Ursach der Hinfälligkeit unserer jetzigen gemauerten Arbeit, daß man die Mauer-Leute hier nach belieben und aufs gerathe wol zusammen klecken läßt.

dd. In Ansehung des Holzes, welche Arten desselben zu den äussern Wänden, und welche zu den innern Wänden des Gebäudes sich am besten schicken: wie das Holz, und zu welcher Jahres-Zeit es gefället werden muß: wie man das gefällte Bau-Holz gegen den Schnee, Regen und Sonnen-

nen-Schein verwahren müsse, ehe es zugehauen wird, und noch vielmehr, wenn es zugehauen ist.

Alle diese Sachen sind, wie ich glaube, von grosser Erheblichkeit, und es bedarf eben keines tiefsinnigen Nachdenkens, um die Wichtigkeit eines jeden hier angeführten Umstandes insonderheit begreifen zu können.

Die zwote Untersuchung bey diesen ersten Grund-Saze betrift

b. Die Grundlegung. Dahin gehöret

aa. Die Erforschung des Grundes, wenn ein würklicher Grund vorhanden ist, z. B. auf trockenen Boden: und zwar zuförderst an solchen Orten, wo bisher kein Gebäude gestanden, und wie man sich von dessen Festigkeit in gehöriger Tiefe durch Erd-Bohrer zu versichern habe: sodann an solchen Orten, wo verfallene Gebäude oder Ruinen sind: wie man sich dessen zu versichern habe, daß nicht etwa in einer ansehnlichen Tiefe Schutt von alten Gebäuden vorhanden sey, welches traurige Folgen nach sich ziehet, wenn die Last eines neuen darauf gesezt wird.

bb. Die Anlegung eines Grundes, wo dergleichen nicht vorhanden, durch Pfählen und Rost-Werke, welches vorzügliche Einsicht und Geschicklichkeit erfordert.

Die dritte Untersuchung betrift

c. Die Aufführung des Gebäudes selbst. Diese geschiehet nach den Reguln der Dauerhaftigkeit

aa. Wenn, die innere Güte und gehörige Verbindung der Bau-Materialien vorausgesetzt, die Ordnungen der Bau-Kunst, wie sichs gebühret, angebracht werden. Nichts giebt mehr Festigkeit, als diese Ordnungen.

bb. Wenn die Mauern in den obern Stock-Werken eingezogen werden.

cc. Wenn der Mörtel nicht, wie gewöhnlich, zur Ausfüllung der leeren Räume zwischen den Steinen; sondern nur bloß zur Verbindung der so viel als möglich ebenen Flächen der Steine gebraucht wird.

2. Der zweyte Grund-Saz betrift die Bequemlichkeit des Gebäudes; diese wird befördert

a. Durch die Wahl die man in Ansehung des Orts und der Lage des Gebäudes zu treffen hat, wenn sonst die Wahl hierin frey stehet.

b. Durch die dem Zweck des Gebäudes gemässe Einrichtung desselben, als Kirchen, Magazine, Hospitäler, Wohnungen für Personen von verschiedenen Stande und verschiedenen Berufs-Geschäften.

c. Durch die besondere Anlage der einzelen Theile des Gebäudes, als der Küche, der Treppen, der Feuer-Mauren, der Abtritte u. s. w.

d. Durch die Anlage der Gemächer nach ihrer Länge, Breite und Höhe, und durch deren Verbindung mit einander oder Absonderung von einander nach Beschaffenheit ihres verschiedenen Gebrauchs.

Dieses alles kann jungen Leuten sehr gut beygebracht werden, wenn man sie in Verfertigung der Grund-Risse eines jeden Stockwerks des Gebäudes unterrichtet.

3. Der dritte Grund-Satz betrift die Schönheit, diese ist darum wichtig, weil durch sie die Festigkeit und die Bequemlichkeit und überhaupt die Bau-Kunst in die Augen fallen muß. Sie bestehet in denen Ordnungen der Bau-Kunst, und hier ist es besonders nöthig jungen Leuten den rechten Geschmack beyzubringen. Ich halte also dafür, die Lehre von der Schönheit müsse nach folgenden Grund-Sätzen vorgetragen werden.

a. Ueberhaupt.

1. Nichts ist schön, als was die Ordnungen der Bau-Kunst mit sich bringen. Diese enthalten sehr grosse und mannigfaltige Schönheiten. Wolte man etwas davon weglassen; so würden die Ordnungen zerstümmelt werden. Wolte man etwas neben ihnen

ihnen hinzusetzen; so würden die Schönheiten der Ordnungen dadurch verdunkelt werden, die doch gleichwol alles andere von Schönheiten dieser Art übertreffen, und also alleine den Platz behalten, ohne sonst etwas neben sich zu dulden.

2. Das Ansehen der Festigkeit ist ein wesentlich Stück der Schönheit, welches die Ordnungen der Bau-Kunst mit sich bringen. Alles was demselben zuwider lauft thut der Vollkommenheit der Ordnungen Abbruch, und ist sehr zu tadeln. Dahin gehören verschiedene Sachen, die zum grossen Verderben des reinen Geschmacks in der Bau-Kunst eingeführet sind, z. B. Säulen-Schafte, die wie Schrauben-Gänge gewunden sind, Postemente unter den Säulen, denn eine Säule ist an sich schon eine Stütze, und hat in ihrem Säulen-Fusse alle benöthigte Festigkeit der Grund-Lage: es ist auch wieder alles Ansehen der Festigkeit, wenn eine Stütze sich auf einer andern Stütze gründet. Postementer gehören nur für Statuen u. s. w.

3. Der Gebrauch eines Mittels ohne einen Zweck, der dadurch erreicht werden darf und soll, ist lächerlich: wird dieser Fehler sichtbar gemacht; so erweckt sein Anblick Mißvergnügen. Geschiehet dieses in der Bau-Kunst; so thut er ihrer Schönheit grossen Abbruch. Dahin gehören Säulen die

die entweder gar nichts oder nach Beschaffenheit ihres Ansehens, ihrer Stärke und Anzahl zu wenig zu tragen haben: ferner gekuppelte Säulen, die überdem niemals ohne anderweitige grosse Fehler, welche auf eine Zerstümmelung oder Verunstaltung der Glieder der Ordnung hinaus laufen, angebracht werden. Gekuppelte Säulen, die sogar auf einem Postemente stehen, haben das völlige Ansehen einer Misgeburt, und ihr Anblick ist eckelhaft.

4. Zur Unterstützung der Lasten eines Gebäudes sind die Säulen ursprünglich erfunden. Diese Erfindung ist so vollkommen und so schön, daß ihr nichts an die Seite gesetzet, oder an ihrer statt als gleichgeltend gebraucht werden kann. Mithin gehören Wand-Pfeiler oder Pilaster gar nicht in die reine Bau-Kunst. Das Einmauren der Säulen ist eine unbefugte Verdeckung ihrer Schönheit, und giebt einen unangenehmen Anblick. Man muß also die Lasten eines Gebäudes entweder durch freystehende Säulen unterstützen, oder es lediglich bey der Unterstützung bewenden lassen, die sie durch die Mauren des Gebäudes erhalten.

5. Der runde und glatte Schift einer Säule ist ein wesentliches Stück ihrer Schönheit: die Reinigkeit des Alterthums bringet das so mit sich, und der Ursprung der Säule gleich-

gleichfalls. Denn ihr runder Schaft stellt den runden Stamm der Bäume vor, dessen sich die Alten zur Stütze bedienet. Daher ist ein gereifter Schaft niemals schön, ein gereifter dorischer Schaft ist sogar unleidlich. Denn wenn man auch den Einfall einiger Bau-Meister zu **Vitruvs** Zeiten wolte gelten lassen, daß die Reifen die Falten der Weiber-Röcke vorstellen; so werden sie kaum an der Jonischen und Corinthischen Säule zu entschuldigen seyn, an der Dorischen niemals, denn diese ist männlich.

6. Die Symmetrie und Eurythmie befördern die Schönheit. Werden die Reguln derselben nicht beobachtet; so entstehen daraus Fehler, welche alle übrige Schönheiten verdunkeln. Wie sehr ist es zu bedauren, daß an jenen Pallaste, der auf der einen Seite seines Eingangs sechs und auf der andern fünf Fenster hat, die Schönheiten der Ordnungen verschwendet sind! Der Eingang muß in der Mitte der Fronte seyn. Ein Haupt-Eingang muß auf jeder Seite einen Neben-Eingang von vollkommen gleicher Beschaffenheit aber viel weniger Schönheit haben, u. s. w.

7. Eine jede Schönheit in den Ordnungen der Bau-Kunst hat ihre Absicht, und ist nicht blos darum da, um eine Schönheit abzugeben. Sie hat auch ihren bestimmten

Ort

Ort und ihre nothwendige Verbindung mit den übrigen Theilen der Ordnung. Wird sie davon getrennet, und irgendwo nach Willkühr angebracht; so höret sie auf eine Schönheit zu seyn. Was soll jene Säule auf einem freyen Platze, darauf eine Statue stehet. Sie ist niemals eine Schönheit gewesen.

Aus diesen Sätzen, deren Richtigkeit man ohne Schwierigkeit einsiehet, lassen sich sehr viele wichtige Reguln herleiten, aus deren Anwendung man leicht wird abnehmen können, mit welchem Recht viele unserer Palläste schön genannt werden, und wie zahlreich die Fehler sind, die der jetzige verdorbene Geschmack in die Bau-Kunst eingeführet hat.

b. Von denen verschiedenen Ordnungen der Bau-Kunst sind insonderheit folgende Sätze zu merken.

1. Es sind nur drey Ordnungen in der Bau-Kunst, nemlich die Dorische, die Jonische und Corinthische. Soll die Bau-Kunst zu ihrer ursprünglichen Reinigkeit wieder hergestellet werden; so müssen alle übrige Ordnungen abgeschaft werden, aus folgenden Ursachen:

aa. Alles was man von Säulen in der Bau-Kunst fordern kann, wird durch diese drey Ordnungen vollkommen geleistet. Will man etwas Starkes und Festes haben, sowol in der That, als dem Ansehen nach; so hat

hat die Dorische Ordnung alle dazu erforderliche Eigenschaften. Verlanget man etwas sehr zierliches und vollkommen schönes; man findet es in der Corinthischen Ordnung. Etwas mittelmäßiges hat man an der Jonischen Ordnung, in welcher Stärke und Schönheit auf eine vollkommene Art mit einander verbunden sind. Also kann niemals eine hinreichende Ursach statt finden, dadurch der Gebrauch einer andern ausser diesen drey Ordnungen nothwendig gemacht oder gerechtfertiget werden könnte.

bb. Bey den Ordnungen in der Bau-Kunst ist ausser der Festigkeit die Absicht hauptsächlich auf die Schönheit gerichtet. Diese Schönheiten zu erfinden, sie nach den Reguln der Festigkeit mit einander zu verbinden, und in verschiedene Ordnungen zu vertheilen scheinet eine Kunst zu seyn, die die Alten ganz erschöpft, und zu solcher Vollkommenheit gebracht haben, daß sie dem Erfindungs-Geiste ihrer Nachkommen gar nichts übrig gelassen.

cc. Die Erfinder der neuern Ordnungen sind daher zu ihren Unternehmen so wenig befugt; als in der Ausführung desselben glücklich gewesen. Das erstere ist aus dem was ich vorhin gesagt offenbar, und das letztere siehet man an der Beschaffenheit ihrer Erfindungen, von denen man überhaupt

haupt sagen kann: ihr Gutes ist nicht neu und ihr Neues ist nicht gut, auch ungeschickt und unglücklich angebracht. Die Toscanische Ordnung ist grob: ohne Ursach rühmet man ihre Stärke und Festigkeit, denn sie hat darin vor der Dorischen gar nichts voraus, daher ist nicht zu begreifen was für Ursachen die Bau-Meister gehabt haben können sie einzuführen, zumal, da ihr wesentliches Unterscheidungs-Merkmal in einer gänzlichen Ermangelung aller Schönheiten bestehet. Dergleichen Erfindungen sind wieder die ersten Grund-Sätze der Bau-Kunst, und überdem ist die Toscanische Ordnung an und vor sich gar keine Erfindung; sondern eine Entblössung der Dorischen von allen ihren Zierrathen. Die Römische Ordnung hat viel gutes an sich: allein es ist alles ein Raub, welcher der Corinthischen Ordnung genommen worden: ihr Unterscheidungs-Merkmal, welches zugleich ihr Neues ist, bestehet in dem zerstümmelten Corinthischen Capitäl, das man ihr gegeben und Eyer hinein gesetzet hat: welches aber ein wahrer Mißbrauch des Corinthischen Capitäls ist. Uebrigens hat sie in Ansehung des von ihr zu machenden Gebrauchs nicht den geringsten Vorzug vor der Corinthischen Ordnung. Die sogenannte neue Ordnung ist eine Mißgeburt von eben dergleichen Eigenschaften. Die Bau-

Kunst ist durch diese Erfindungen so verfälscht und der Geschmack so unrein geworden, daß es gar nicht entschuldiget werden kann, wenn man sie irgendwo anbringet.

2. Die erste unter den Ordnungen der reinen Bau-Kunst ist die Dorische, und ich will das, was von ihr besonders zu merken ist in folgenden Sätzen zusammen fassen

aa. Das Kuppeln der Säulen ist allemal ein Fehler: bey der Dorischen Ordnung aber ist er sonderlich groß, und eine Quelle vieler besondern Fehler: denn die Säulen-Füsse und Capitäler müssen bey gekuppelten Dorischen Säulen entweder in einander lauffen; oder die Zwischen-Tiefen (Metopen) müssen viel breiter gemacht werden, als ihre Höhe zuläßt: beydes ist ein grosser Uebelstand. Zerstümmelte Zwischen-Tiefen und Triglyphen sind Mißgeburten von sehr heßlicher Gestalt.

bb. Der Dorische Säulen-Fuß und das Schaft-Gesimse sind sehr schön.

cc. Der Dorische Frieß ist eine sehr grosse Schönheit: nur sind der viereckigten Glieder darin zu viel und der runden zu wenig, und dieser scheinbaren Unvollkommenheit kann nicht abgeholffen werden.

dd. Der Dorische Karnieß hat eine gar zu starke Ausladung, die beynahe dem Ansehen der Festigkeit zuwider laufen will.

ee. Der

ee. Der Dorische Architrab ist sehr einfach. Die Zapfen müssen allemal viereckigte Pyramiden seyn, und Niemand hat die Erlaubniß sie rund zu machen.

ff. Zwischen zwo Dorischen Säulen müssen die Triglyphen von ungrader Zahl seyn, und eine davon das Mittel einnehmen.

3. Die Jonische Ordnung ist die zwote und folgendes von ihr zu merken

aa. Sie ist nicht zu schön, hat aber auch nichts grobes an sich, und ist beynahe ohne Fehler.

bb. Das Jonische Schaft-Gesimse ist nicht in die Höhe wie es doch seyn solte, sondern in die Tiefe verjüngt, und wird dicker je näher es dem Säulen-Schafte kommt, welches wider das Ansehen der Festigkeit ist: aber auch nicht geändert werden darf und kann.

cc. Das Jonische Capitäl ist nett, einfach und zierlich.

dd. Der Jonische Architrab ist dreyfach und sehr artig übersetzt.

ee. Den Jonischen Frieß kann man verzieren: den Dorischen aber niemals ohne grossen Fehler: denn er hat an seinen Metopen und Triglyphen die vollkommensten Zierrathen.

ff. Der Jonische Karnieß hat nicht viel viereckigte Glieder und ist daher sehr schön.

4. Die Corinthische Ordnung ist die dritte und von ihr zu merken

aa. Der Corinthische Säulen-Fuß ist sehr schön.

bb. Das Corinthische Capitäl ist die schönste Erfindung in der Bau-Kunst. Es ist keinesweges erlaubt die Bären-Klee-Blätter mit Lorbeeren- oder Oliven-Blättern zu verwechseln.

cc. Das Corinthische Gebälcke ist fast wie das Jonische, nur noch zierlicher.

dd. Der Corinthische Architrab ist fürtreflich.

Ich bin der Meinung daß man die Richtigkeit dieser Grund-Sätze der Bau-Kunst gegen alle Einwürfe behaupten könne, und daß sie zur Wiederherstellung eines reinen Geschmacks sehr diensam sind. Indessen ist es Zeit, daß ich hiermit die Vorschläge zum Unterricht der Jugend in den Wissenschaften der Mathematik und also diesen ersten Versuch endige.



Der

Der zweyte Versuch.

Von dem Drucke der Luft.

Durch die Versuche des berühmten **Otto von Guericke** sind die Eigenschaften und Kräfte der Luft zuerst entdeckt worden, und sie verdienen daher eine vorzügliche Achtung. Seitdem hat man Mittel gefunden eben diese Eigenschaften der Luft und ihre Kräfte und die Grösse ihrer Würkungen durch andere Versuche, die so mühsam und kostbar nicht sind, mit eben der Ueberzeugung darzuthun, welches auch zur Beförderung und Erleichterung des Unterrichts nöthig war: und da die Erfahrung in kleinen Versuchen eben das lehret, was sie in grossen lehren würde, weil man von geringern Würkungen der Kräfte der Natur leicht einen richtigen Schluß auf die grössern machen kann; so lassen sich die Haupt-Wahrheiten der Lehre von der Luft auch ohne jene grosse und weitläuftige Versuche hinlänglich darthun.

Bey dem allen enthalten doch die Versuche des Otto von Guericke so etwas grosses und erstaunendes, daß sie allezeit merkwürdig bleiben. Der grosse Geist dieses Mannes, der sich sowol in der Erfindung als Zubereitung derselben zeiget, verdienet Bewunderung, und man wird sichs schwerlich vorstellen können, durch welche Schwierigkeiten er sich habe hindurch arbeiten müssen um seine Versuche im Grossen bis zu der Evidenz und Gewißheit zu bringen, zu welcher er sie würklich gebracht hat; wenn man nicht Gelegenheit hat

eine Wiederholung derselben zu veranstalten, oder diese Veranstaltung mit anzusehen. Diese und noch andere Umstände, die ich hernach anführen werde, lassen keinen Zweifel übrig, daß eine Wiederholung dieser grossen Versuche der Mühe und der Unkosten, die sie erfordert, würdig sey. Denn es ist zwar, wie gesagt in Ansehung des Haupt-Satzes, den man von den Kräften der Natur und ihren Würkungen zu behaupten hat, gleichgültig: ob man ihn durch einen kleinen oder durch einen grossen Versuch bestätiget, weil die zu behauptende Wahrheit sowol durch den einen, als durch den andern ihre Gewißheit erhalten kann. Wenn wir die in der Barometer-Röhre stehende Säule von Quecksilber betrachten; so haben wir da ohne alle Mühe einen Versuch vor Augen, dessen mit Nachdenken und Einsicht begleiteter Anblick uns alles das sagen kann, was uns selbst die erstaunlichsten den Druck der Luft betreffenden Versuche zu sagen vermögen: und selbst diese grossen Versuche werden auch noch immer in Vergleichung mit dem, was die Luft in der Natur alle Tage vermöge ihres Drucks wirklich ausrichtet, klein seyn. Dem ohngeachtet lehret doch die Erfahrung, daß Versuche im Grossen oder solche durch erforderliche Instrumente gemachte mechanische Einrichtungen, dadurch die Kräfte der Natur Gelegenheit gewinnen sehr grosse Würkungen hervorzubringen, mit vielen überaus merkwürdigen Umständen begleitet werden, die um so viel zahlreicher und lehrreicher sind, je grösser die Versuche selbst sind. Damit häuffen sich nun zwar Mühe und Unkosten, die dazu erfordert werden, und weil wir diese scheuen; halten wir jene Versuche für unnöthig: allein

das

das ist ein Irrthum, dem man es auch zuzuschreiben hat, daß uns bey dieser Sparsamkeit sehr vieles unbekannt bleibt, welches doch sonst unsere Aufmerksamkeit und Bewunderung verdienen würde. Sind das nun gleich, in Vergleichung mit jener Haupt-Sache, Neben-Sachen, nach welchen wir darum nicht viel fragen, weil wir von der Haupt-Sache schon genugsam unterrichtet sind; so findet sichs hernach doch wol, daß diese Neben-Sachen oft beynahe eben so wichtig sind, als jene Haupt-Sache selbst, und also hinreichend die angewendeten Bemühungen und Unkosten zu belohnen.

Daß ein Versuch im Grossen ganz andere Instrumente, ganz andere Materien, aus welchen diese Instrumente verfertiget seyn müssen, und eine ganz andere Verbindung dieser Instrumente mit einander erfordere, wenn sie denen auf die Probe gestellten Kräften der Natur gewachsen, und der Würkung derselben fähig seyn sollen, ist leicht einzusehen: und eben darum kan man auch von ihm eine Anleitung zu solchen Einsichten in die Eigenschaften dieser Materien und in die aus deren Verbindung mit einander entstehenden Würkungen erwarten, darauf man sich bey den gewöhnlichen kleinen Versuchen keine Hofnung machen darf. In dieser Absicht sind also grosse und weitläuftige Versuche zur Beförderung eines weitern Fortgangs in den Wissenschaften der Natur-Lehre und Mathematik viel brauchbarer, als kleine.

Das waren die Bewegungs-Gründe, die die Anwendung der Unkosten und die Uebernehmung der Bemühungen, welche dieser und einige der folgenden Versuche

suche erfordert, zum Besten der in diesen Sachen zu unterrichtenden Jugend veranlasset haben: und ich hoffe der aus diesen hier folgenden Beschreibungen, die ich von einigen derselben entworfen habe, abzunehmende Erfolg, werde das, was ich von der Erheblichkeit dieser Bewegungs-Gründe gesagt, rechtfertigen. Der Versuch von dem Drucke der Luft, den ich nur seiner Unkosten wegen die er erfordert groß nennen will, mag zur ersten Probe dienen. Die Gelegenheit bey welcher er gemacht wurde, war folgende.

Im Jahr 1754, da man das Andenken des Augsburgischen Religions-Friedens durch eine feyerliche Rede-Uebung auf der Schule zu Closter Bergen erneuerte, wurde mir aufgetragen eine Wiederholung desjenigen Versuchs von dem Drucke der Luft zu veranstalten, den Otto von Guericke eben hundert Jahr vorher, bey der ersten Jubel-Feyer dieses Friedens auf dem Reichs-Tage zu Regensburg in Gegenwart der versammleten Reichs-Stände gemacht hatte. Guericke machte damals mehrere Versuche von dieser Art. Einer unter ihnen bestand der Haupt-Sache nach darin. Er ließ einen grossen kupfernen Cylinder verfertigen, und einen Kolben, welcher sich in demselben auf und nieder bewegen ließ. An die eiserne Stange dieses Kolbens befestigte er ein Thau oder eine eiserne Kette, welche über einige Rollen gezogen wurde, die an einen über den Cylinder angelegten Balken befestiget waren: an dem andern Ende der Kette hieng eine Waage Schaale, auf welche Gewichte von mehr als zwanzig Centnern gelegt werden konnten. Darauf brachte er den Kolben in dem Cylinder in eine geschickte

Stellung, so daß zwischen ihn und den Boden des Cylinders ein ansehnlicher Raum übrig blieb, der mit Luft angefüllet war. Diese Luft verdünnete er vermittelst einer ausgepumpten Kugel, die er unten an den Cylinder unmittelbar über dessen Boden anschraubete, und deren Hals mit einem Hahn versehen war, durch dessen Eröfnung die Kugel mit dem im Cylinder unter dessen Kolben vorhandenen Raume Gemeinschaft erhielt. So bald er den Hahn öfnete, fuhr die Luft aus dem Cylinder in die Luftleere Kugel: dadurch wurde die im Cylinder befindliche Luft sehr verdünnet und ausser Stand gesetzet dem Drucke der äussern Luft gegen den Kolben des Cylinders widerstehen zu können; dieser Druck der äussern Luft erhielt also das Ueber-Gewicht, und drängete den Kolben mit einer so ungeheuren Gewalt gegen den Boden des Cylinders hinab, daß die an der Kette hangende Waage-Schaale mit einem Gewichte von sehr vielen Centnern in die Höhe gezogen wurde.

Unter allen Versuchen die Guericke gemacht ist dieser der wichtigste und merkwürdigste und grösseste, und giebt den am meisten einleuchtenden Beweiß von dem erstaunlichen Vermögen der Luft an die Hand. Er wurde also, gleich wie er es auch noch aus andern Ursachen die ich hernach melden werde verdienet, aus allen übrigen ausgesucht und mir von dem Herrn Abt Steinmetz zur Wiederholung angepriesen. Nun hatte ich zwar die Beschreibung der Guerickschen Versuche bey der Hand; man siehet aber bey aufmerksamer Durchlesung derselben bald, daß sie keine so vollständige Nachricht von der mechanischen Zubereitung der dazu erforderlichen Instrumente enthalten, als man bey

einer solchen Wiederholung zu wünschen Ursach hat. Die Schwierigkeiten denen die Bewerkstellung dieses Versuchs unterworfen ist, sind mehrentheils so beschaffen, daß man sie vorher, ehe die Hand ans Werk geleget wird, kaum vermuthen, oder sich so groß vorstellen solte, als man sie hernach würklich befindet: man ist daher genöthiget durch viele vorläufige Neben-Versuche, die man ehe es zur Haupt-Sache kommt machen muß, an deren Hebung zu arbeiten und sich solchergestalt den Weg zum Haupt-Versuche zu bahnen, und eben dadurch werden die ohnedem schon so grossen Unkosten vermehret. Die gedachte Beschreibung der Guerickschen Versuche die unter den Titul Experimenta Magdeburgica in Fol. bekannt ist, dienet also weiter zu nichts als zur Versicherung: der Versuch gehe von statten, wenn er auf die rechte Art veranstaltet wird. Diese Veranstaltung aber muß man entweder errathen oder selbst erfinden. Man kann leicht denken, daß einer der die Nachahmung übernehmen soll lieber das erstere als das letztere versuchen wird: denn es ist doch immer rathsamer auf demselben Wege zu bleiben auf welchem man einen Vorgänger vor sich findet, von dem man weiß daß er glücklich zum Ziel gelanget sey: als ohne dringende Ursach einen andern Weg zu suchen, auf welchem man dieses Vortheils nicht zu geniessen hat. Ich fand mich aber gar bald genöthiget das letztere zu erwählen, und die Hofnung daß ich mich nach Guerickens Art zu verfahren würde richten können, aufzugeben, weil man bey der Ausübung verschiedenes darin findet, welches theils zweifelhaft, theils gefährlich zu seyn scheinet.

Ich

Ich bins gewiß versichert, wer die Vorfälle die mir bey dieser Gelegenheit begegnet aufmerksam betrachtet, der würde es bey einer zu bewerkstelligenden Wiederholung nicht wagen den metallnen Cylinder, der zu diesen Versuche erfordert wird, so zu befestigen, wie es in denen Experimentis Magdeburgicis vorgestellet wird: er würde von dem starken Zweifel angefochten werden: ob es wol möglich gewesen sey, daß die Sache vermittelst der in obiger Vorstellung angegebenen Einrichtung habe von statten gehen können. Nicht nur die daselbst beschriebene oder eigentlich nur obenhin angedeutete Befestigung des Cylinders; sondern auch die an einer Art von Krahn angebrachten Rollen, über welche das Thau gehet, an welchen die Waage-Schaale mit der so grossen Last von Gewichten hanget, ist so beschaffen, daß ich mich niemals entschliessen würde auf diese Art zu verfahren, nachdem ich den Versuch vermittelst der hier folgenden Einrichtung so oft wiederholet habe.

Um der vorhin gemeldeten feyerlichen Gelegenheit willen, bey welcher ich diesen Versuch zuerst gemacht, mußte ich ihn an verschiedenen Orten veranstalten, ehe ich die Maschine, da wo sie jetzt auf gedachten Closter stehet, befestigen konnte. Ich suchte allemal solche Orte aus, wo die Balken des Gebäudes an sich stark und auch gut gestützet waren. Wenn ich aber an das Knacken derselben denke; so bleibt mir die Frage noch immer wichtig: ob Otto von Guericke seinen Versuch auch würklich auf die Art gemacht haben könne, wie es in denen Experimentis Magdeburg. vorgestellet wird? Ich will indessen von meinem Verfahren, und was mir dabey begegnet und wie mir der Versuch von

statten

statten gegangen, eine ausführliche Nachricht erthei- len, und hoffe, sie werde meinen Lesern nicht mißfällig seyn, nicht nur um der Wichtigkeit des Versuchs selbst, sondern auch um einiger andern Umstände willen, die ich dabey wahrgenommen, und mit deren Bemerkung andern, die sich mit physischen Versuchen beschäftigen, vielleicht gedienet seyn wird, zumal da sie zu mehrerer Erläuterung einiger hieher gehörigen Wahrheiten der Natur-Lehre etwas beytragen können.

Ich ließ einen metallnen Cylinder ABCD. Fig. 1. giessen, dessen Durchmesser im Lichten einen Rheinländischen Fuß, die Höhe 22 Zoll, die Dicke des Bodens zwey Drittel Zoll, und die Dicke des Cylin- ders selbst in Metall ein Drittel Zoll betrug. Diesen ließ ich inwendig abdrehen, um die innere Fläche so vollkommen Cylinderförmig und so glatt zu bekommen, wie sie in den Stiefel-Röhren der Druckwerke bey Wasser-Künsten und der Feuer-Spritzen seyn muß, welches zwar bey einem gegossenen Cylinder von sol- cher Weite eine Sache von grossen Schwierigkeiten war: indessen wurde es doch, und zwar auf eben die Art, wie bey gedachten Stiefel-Röhren zu geschehen pfleget, glücklich ausgerichtet, daher ich davon nichts besonderes zu melden habe, ausser daß durch dieses Verfahren die innere Hölung des Cylinders so voll- kommen gebildet wurde, als es der genaue Anschluß des Kolbens erforderte, der auch selbst der Luft allen Durchgang versagen mußte: und in dieser Absicht übertraf die Vollkommenheit der innern Aushölung dieses grossen Cylinders selbst diejenige welche bey obi- gen Stiefel-Röhren verlanget wird.

Bey einem Druck- und Sauge-Werke erschöpft die geschwinde Bewegung des Kolbens die unter denselben vorhandene Luft dergestalt, daß, wenn auch zwischen ihn und den Seiten des Cylinders, die er berühret, einige Luft hindurch schlupfet, das Wasser dennoch genöthiget wird der schnellen und so oft wiederholten Bewegung des Kolbens zu folgen, und den Raum unter ihn auszufüllen. Ist es sodann durch das Ventil des Kolbens hindurch gedrungen um sich über den Kolben zu setzen, und ihn zu bedecken; so wird eben dadurch aller Durchgang der Luft zwischen den Kolben und den Seiten des Cylinders verhindert, wenn gleich der Anschluß des Kolbens nicht der vollkommenste ist. Hier aber fiel die Beyhülffe aller dieser Vortheile weg, die den Abgang an der Vollkommenheit dieses Anschlusses hätten ersetzen können. Denn zuförderst wurde die Luft nicht durch die Bewegung des Kolbens, ausser nur in einem einzigen Falle, den ich hernach beschreiben werde, und vermitteist einer sehr langsamen Bewegung, verdünnet; sondern sie mußte auf eine andere Art unter den Kolben hinweggeschaft werden. Während dieser Zeit stand der Kolben in dem Cylinder in einer gewissen Höhe über dessen Boden unbeweglich, und nichts als der Druck der äussern Luft konnte und durfte ihn in Bewegung setzen, nicht in der Absicht um die unter ihn vorhandene Luft zu verdünnen; sondern um den durch eine anderweitige vorhergegangene Verdünnung verursachten Luftleeren Raum auszufüllen, welches alles nicht hätte geschehen können, wenn der Kolben nicht durch den genauesten Anschluß an die Seiten des Cylinders allen Zugang der äussern Luft zu den unter ihn vorhandenen Raum verhindert hätte.

Das war nun bey einem so weiten Cylinder eine Sache von solcher Wichtigkeit, daß man allerdings berechtiget ist eine Beschreibung, wie sie Otto von Guericke bewerkstelliget habe, in seinen Experimentis Magdeburgicis zu suchen, zumal da es aus denselben wahrscheinlich ist, daß er sich nicht eines gegossenen sondern eines aus Kupfer-Blech verfertigten Cylinders, der zwey Fuß im Durchmesser gehabt, bedienet, an welchen also diese vollkommene innere Rundung, die er, wenn der Versuch von statten gehen solte, nothwendig haben mußte, um so viel mehr als ein Meister-Stück des Künstlers, der ihn verfertiget, anzusehen ist: allein man findet davon in der Beschreibung der Guerickschen Versuche nichts zuverläßiges und vollständiges, und ich habe es daher an den gegossenen Cylinder, dessen ich mich bedienet, allemal als etwas merkwürdiges und als einen besonderen Beweiß der Geschicklichkeit seines Verfertigers angesehen, daß er diese Vollkommenheit an sich hat.

Ist der Cylinder mit solcher Genauigkeit ausgearbeitet; so ist man bey der Verfertigung des Kolbens selbst einer grossen Sorge überhoben, und man ist auch dieser Erleichterung bedürftig, denn die Bearbeitung desselben ist ohnedem mit anderweitigen sehr grossen Schwürigkeiten begleitet, wie man bald sehen wird.

Die Kolben-Stange FF ist aus Eisen 18 Zoll lang, einen Zoll ins Gevierte dicke, unten mit einer Schrauben-Spindel z von $1\frac{1}{2}$ Zoll Länge und $\frac{2}{3}$ Zoll im Durchmesser versehen, über diese gehet eine viereckigte eiserne Schrauben-Mutter w 2 Zoll ins Gevierte breit und $\frac{2}{3}$ Zoll dicke: das obere Ende der Kolben-

Stange

Stange ist mit einem eisernen Ringe von gleicher Dicke mit der Kolben-Stange in Eisen und 2 Zoll im Durchmesser im Lichten versehen. Der Kolben selbst bestehet in zwo aus Meßing gegossene Scheiben PPPP von 11 Zoll 6 Linien im Durchmesser, und $\frac{2}{3}$ Zoll dicke; zwischen ihnen liegen 6 Scheiben von sogenanten Pfund-Leder, welches vorher mit Rinder-Talg gesotten worden, deren jede, wenn sie zwischen den meßingenen Scheiben durch die Schrauben-Mutter w zusammen gepreßt werden, drey Linien dicke ist, so, daß die ganze Dicke des Kolbens beynahe drey Zoll beträgt. Die meßingenen Scheiben müssen die ledernen in ihrer Lage erhalten, und überhaupt dem Kolben diejenige Festigkeit und Stärke ertheilen die er haben muß um der grossen Gewalt, womit er bey dem Versuche in Bewegung gesetzet wird, widerstehen zu können.

Ich trug anfänglich Bedenken, zwo so kostbare Scheiben giessen zu lassen, weil ich an der Nothwendigkeit einer so grossen Stärke des Kolbens zweifelte: dieser Ungewißheit nun möglichst abzuhelffen machte ich folgenden vorläuffigen Versuch: ich ließ zwo Scheiben aus gesunden Eichen-Holz verfertigen, deren inwendige Fläche eben, und die äussere erhaben war, so daß die Dicke einer jeden in der Mitte mehr als $1\frac{1}{2}$ Zoll und im Rande 1 Zoll betrug: mit diesen Scheiben ließ ich den Kolben fertig machen, der also in der Mitte $4\frac{1}{2}$ Zoll und am Rande $3\frac{1}{2}$ Zoll dicke war, und auf die Art, die ich hernach beschreiben werde, ließ ich durch den Druck der Luft ein Gewichte von 5 bis 6 Centner heben: allein so bald die Luft anfieng

ihre

ihre Kraft gegen den Kolben zu äussern, brachen beyde hölzerne Scheiben. Da es mir nun an Gelegenheit mangelte zwo dergleichen Scheiben aus Eisen gegossen zu bekommen, entschloß ich mich sie aus Meßing giessen zu lassen. Hernachmals, da die Maschine völlig fertig war, brachte mir ein Schlösser zwo eiserne Scheiben von eben der Grösse und $\frac{1}{2}$ Zoll dicke, welche er zu meiner Verwunderung geschmiedet hatte. Ich zweifle nicht, sie würden ihre Dienste so gut, als die meßingenen gethan haben, weil ich sie aber zu spät erhielt; so konnte ich keinen Versuch damit machen: indessen dient es zur Mäßigung der Unkosten, wenn man weiß, daß eiserne Scheiben von der hier erforderlichen Stärke zu haben sind, denn der Schlösser ließ sie sich nur mit 3 Rthlr. bezahlen.

Die Haupt-Sache beruhete aber auf der Rundung der gedachten ledernen Scheiben. Sie waren insgesamt, wie gesagt $1\frac{1}{2}$ Zoll dicke, und auch diese Dicke war kaum hinreichend wie ich hernach, nachdem ich den Versuch zu verschiedenen Zeiten wiederholet, erfahren habe. Die grosse Gewalt der Luft brachte den Kolben bisweilen aus seinem wagerechten Stande heraus, wenn die innere Fläche des Cylinders etwa auf der einen Seite schlüpfriger war, als auf der andern, welches nicht so leicht hätte geschehen können, wenn er dicker im Leder gewesen wäre. Daher ist es besser acht bis zehen lederne Scheiben zu nehmen, und also die Dicke des Kolbens um einen Zoll zu vermehren. Die Scheiben waren schon vorher gerundet jedoch so, daß ihr Durchmesser um $\frac{1}{4}$ Zoll grösser war als der Durchmesser des Cylinders in Lichten, folglich war

war es nicht möglich den Kolben bey dieser Grösse seines Umfangs in den Cylinder hinein zu bringen, und von dem Umfange der Scheibe etwas mehr abschneiden zu lassen war gefährlich, weil der geringste unbehutsame und zu tief in das Leder hinein gewagte Schnitt ganz gewiß den genauen Anschluß des Kolbens an die inwendige Fläche des Cylinders verhindert, der Luft einen Durchgang verschaffet, und also den Kolben unbrauchbar gemacht hätte. Daher ließ ich vermittelst einer groben eisernen Raspel den ganzen Umfang der ledernen Scheibe in gleichförmigen Zügen rauh und weich machen, und auf diese Art wurde denen Scheiben zwar wenig abgenommen, aber doch das Eindringen des Kolbens in den Cylinder möglich gemacht, und der genaue Anschluß desselben befördert. Ich ließ den Cylinder in eine feste Stellung bringen, und den Kolben an den Hebe-Baume einer grossen Feuer-Spritze befestigen, und ihn auf solche Art durch einige starke Männer in dem Cylinder auf und nieder bewegen, welches gewiß eine höchst mühsame Arbeit war, auf deren glücklichen Bewerkstelligung aber gleichwol alles beruhete. Denn die genaue Einrichtung und Zubereitung des Kolbens ist bey diesem Versuche das vornehmste, und je grösser der Umfang desselben ist, desto mehr Schwierigkeiten hat sie. Durch dieses Verfahren aber wurde sie glücklich zu Stande gebracht, und der Kolbe in den Zustand gebracht, daß er sich in dem Cylinder auf und nieder bewegen ließ, ohne Luft durchzulassen.

Vermöge der vorhin gemeldeten Grösse des Durchmessers und der Höhe des Cylinders war der cörperliche

liche Inhalt seines inwendigen Raums 2486 Rheinländische Cubic-Zoll, und so groß war die Menge der Luft, die er, so lange der Kolben nicht hinein gestossen wurde in sich enthielt. Ich ließ drey gläserne Kugeln auf einer Glaß-Hütte verfertigen, deren jede einen Fuß im Durchmesser enthalten solte; zwo derselben aber enthielten, da sie fertig waren, etwas mehr, und die dritte etwas weniger, so daß ich ihren gesamten cörperlichen Inhalt auf 2752 Cubic-Zoll rechnen konnte. Jede dieser Kugeln hatte einen Hals zwey bis drey Zoll lang, und $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser im Lichten, der mit einer meßingenen Einfassung A. Fig. 2. versehen war, die durch einen Hahn B. eröfnet und verschlossen werden konnte. Der Cylinder hatte unmittelbar über seinen Boden drey Schrauben Q. Fig. 1., die um denselben in gleicher Weite von einander eingelöthet, und einen halben Zoll im Durchmesser dick waren, auch einen Zoll lang ausserhalb dem Cylinder hervorstunden.

Die Kugeln konnten vermittelst ihrer meßingenen Einfassungen an diese Schrauben, und auch auf den Teller derjenigen Luft-Pumpe angeschraubet werden, deren ich mich zu diesem Versuche bedienen wolte. Diese Luft-Pumpe bestand aus zween Cylindern und war zugleich mit einer torricellischen Röhre versehen, deren untere Oefnung in einem Gefässe voll Queck-silber stand, da inzwischen die obere mit dem Recipiente auf der Luft-Pumpe Gemeinschaft hatte. Ich pumpte die Luft aus jeder Kugel so lange, bis das Quecksilber in der gedachten torricellischen Röhre zu einer Höhe von 27 Zoll hinauf gestiegen war, und darauf

wurden

wurden diese drey ausgepumpten Kugeln an den Cylinder angeschraubet. Die Kolben-Stange des Cylinders hieng an einen eisernen Hacken N. Fig. 1. der mit ihr von gleicher Dicke, und oben wie eine Gabel gestaltet war. Jedes Ende dieser Gabel war zwey Zoll breit und einen halben Zoll dicke, und zwischen selbigen eine hölzerne Rolle K. Fig. 1. von einem Fusse im Durchmesser, und drey Zoll dicke. Von eben der Dicke und Grösse waren auch die beyden übrigen Rollen L. M. Ueber diese Rollen wurde ein hanfenes Thau 27 Fuß lang $1\frac{1}{2}$ Zoll dicke gezogen.

Es ist ein gewöhnliches Schicksal, den man bey dem Gebrauche solcher Thaue, wenn man grosse Lasten daran hänget, unterworffen ist, daß sie sich so lange ausdähnen bis sie mit der grössesten Last beschweret sind, die man ihnen mit Sicherheit anvertrauen darf. Ich habe davon bey den Versuchen mit dieser Maschine einige verdrießliche Proben erfahren, die ich hernach beschreiben werde. In das Ende dieses Thaues war ein starker eiserner Hacken eingeflochten, an welchen ein eiserner Ring hieng der 7 Zoll im Durchmesser hatte und einen Zoll dicke war. An diesem Ringe hieng eine viereckigte Waage-Schaale G. Fig. 1. drey Fuß ins Gevierte groß, aus eichenen Bohlen verfertiget, die zwey Zoll dicke und stark mit Eisen beschlagen waren. Die Schwere dieser Waage-Schaale betrug einen Centner, und auf sie wurden die Gewichte geleget, welche dadurch, daß die äussere Luft den Kolben in den Cylinder hinein druckte, gehoben werden solten.

Das ist nun die Gestalt und Einrichtung der ganzen Maschine. Nun will ich berichten, wie es mir bey denen mit ihr gemachten Versuchen ergangen sey. Meines Wissens hatte nach Otto von Guericke Niemand diesen Versuch gemacht, und ich wußte also von der dabey zu beobachtenden Art des Verfahrens weiter nichts, als was aus den Experimentis Magdeburg. abzunehmen ist: vergleicht man nun den Inhalt dieser Schrift mit der bisher beschriebenen Einrichtung; so siehet man leicht, daß diese in sehr vielen wichtigen Neben-Sachen von jenen gar weit abgehe, und dieses wußte ich aus vorhin gemeldeten Ursachen nicht zu verhindern, daher mußte ich auch alle die Schwierigkeit, welche bey dieser Einrichtung vermacht waren, erst aus eigener Erfahrung kennen lernen, und mir also den Verdruß vieler mißlungenen Versuche gefallen lassen, ehe ich das Vergnügen haben konnte einen einzigen derselben in aller Absicht nach meinen Wunsch gelingen zu sehen. Ich will nur zween von diesen mißlungenen Versuchen beschreiben, deren Erfolg merkwürdig war, und die mich hauptsächlich belehreten, wie ich die Fehler meiner bisherigen Einrichtung verbessern müßte.

Der gegossene Cylinder, die daran befestigten drey Kugeln mit ihren meßingenen Einfassungen, und das Gestell, auf welchem diese Maschine befestiget war, und welches aus Eichen-Holz 3 Fuß hoch sehr stark gemacht war, dieses alles zusammen betrug mehr als zwey Centner an Schwere. Um den ersten Probe-Versuch zu machen pumpte ich die drey Kugeln aus, und beschwerete die Waage-Schaale nur mit vier

Centner-

Centner Gewichten. Ob dies gleich bey weiten noch nicht das völlige Gewicht war, welches die Luft vermittelst dieser Maschine heben konnte und solte; so hatte ich doch schon vorher einige die Besorgniß verursachende Ahndungen: als ob auch wol dieses Gewichte bey gegenwärtigen ersten Versuche ungehoben bleiben dürfte, und das traf nun gar zu richtig ein: aber auf eine Art, die ich doch nicht vermuthet hätte. Ich hätte in der That leicht denken können, daß das gemeldete Gewichte des Cylinders mit seinem Zubehöre bey weiten so groß nicht sey, als die Schwere der Waage-Schaale mit denen darauf liegenden Centnern, und daß die Luft eben darum dieses grössere Gewicht ganz stille würde ruhen lassen, da sie ihren Zweck das vacuum oder den im Cylinder entstandenen Luftleeren Raum auszufüllen durch Hebung jenes kleinern Gewichts nemlich des Cylinders mit seinem Fuß-Gestelle erreichen könnte. So hätte ich denken sollen, und ich lasse es darauf ankommen, ob einer von meinen Lesern würklich so gedacht haben würde: denn wie oft stellen wir uns nicht den Erfolg bey den Würkungen der Kräfte der Natur ganz anders vor, als er im Grossen würklich ausfällt. Meine Meinung gieng nur dahin: wenn in dem Cylinder ein vacuum entstünde, so wie es auf die gemeldete Art entstehen kann; so bliebe zu dessen Ausfüllung für die äussere Luft kein ander Mittel übrig, als das Niederdrucken des Kolbens in dem Cylinder, und dieses konnte nicht anders als mit Aufhebung der Waage-Schaale und des darauf liegenden Gewichts erfolgen: allein hierin hatte ich sehr geirret; denn als ich anfieng die Hähne der gläsernen Kugeln zu eröfnen, entstand sogleich ein starkes Zischen der aus

dem Cylinder in die ausgepumpten Kugeln hineinfahrenden Luft. Meine und der Zuschauer Augen waren auf die Waage-Schaale gerichtet, in der Erwartung, selbige mit ihren Lasten schwebend zu sehen: allein umsonst! sie ruhete völlig, das Zischen in den Kugeln währete fort ohne die geringste Würkung, bis ich plötzlich und mit Erstaunen gewahr wurde, daß der Cylinder mit seinen drey Kugeln und Fuß-Gestelle anhub sich herum zu drehen, und aufwärts zu steigen. In dem Augenblicke, da ich dieses sahe, umfassete ich ihn und hieng mich an denselben, in der Hofnung durch diesen Zusatz meiner eigenen Schwere, das fernere Steigen desselben verhindern zu können, weil der erste Anblick der sonderbaren Bewegung desselben in mir die Furcht eines ihm oder den gläsernen Kugeln bevorstehenden Unglücks erweckte: allein ich wurde mit aufgehoben. Der Kolben im Cylinder und die Rolle, an welcher er hieng, blieben unbeweglich; daher war das Steigen des mit seinen Fuß-Gestelle sich herum drehenden Cylinders nicht anders anzusehen, als ob die äussere Luft denselben um seinen Kolben herum hinauf geschraubet hätte, welches in der That in diesen Umständen die leichteste Art der Bewegung war, um das vacuum auszufüllen. Es würde der Luft viel schwerer geworden seyn, wenn sie den Cylinder an den Kolben gerade hinauf hätte treiben sollen. Denn da der Kolben ausser der vorhin gemeldeten Zubereitung seiner Rundung bisher noch gar nicht gebraucht worden war, und sich also in seinem Umfange noch nicht glatt gearbeitet hatte; so wurde er zwischen den Seiten des Cylinders noch ziemlich gepreßt, und die Bewegung war mit einer starken Reibung begleitet, deren

ganzen

ganzen Widerstand die Luft hätte überwinden müssen, wenn die Bewegung des Cylinders grade aufwärts gegangen wäre: und auch diese Würkung würde für das Vermögen der Luft etwas geringes gewesen seyn: allein es war nicht nöthig die dazu erforderliche grössere Kraft anzuwenden, da die Sache durch eine geringere ausgerichtet werden konnte. Man weiß es daß eine Schraubenförmige Bewegung den von der Reibung herrührenden Widerstand viel leichter überwältiget, als eine grade vorwärts gehende: daher bediente sich die Luft der ersteren, und vermied dadurch die Schwierigkeiten der letzteren. Weil das aber beynahe von der Luft als von einem denkenden Wesen gesprochen heißt; so solte ich mich, um diesem Verdachte zu entgehen, nun in eine Erläuterung der aus den Umständen dieses Versuchs abzunehmenden Ursachen, die diese Art der Bewegung nothwendig gemacht, einlassen: allein ich berichte jetzt nur geschehene Begebenheiten, und habe eben darum alle hieher gehörige Umstände ausführlich gemeldet, damit meine Leser selbst das Vergnügen haben mögen die Ursachen darin zu entdecken.

Gnug so verhielt sich die Luft für das mal bey diesen Versuchen und so unangenehm mir dieser mißlingende Erfolg desselben war, so wichtig und merkwürdig ist und bleibt dennoch diese sonderbare Erscheinung, und ich hatte auch den grossen Vortheil davon, daß der Kolben durch diese Bewegung fürtreflich in den Cylinder hinein gepasset wurde, denn von der Zeit an gieng er nicht nur leicht; sondern auch sicher auf und nieder: ein Vortheil der mir von grosser Wichtigkeit war, und den ich durch viele vorhergegangene höchst-

mühsame Veranstaltungen nicht nach Wunsch hätte erreichen können!

Hier wurde also der Satz aufs neue bestätiget: daß die Natur allemal den kürzesten und leichtesten Weg erwähle; ich aber wurde dadurch erinnert, daß ich ihr diesen Weg zuvor versperren müßte, ehe ich meinen Zweck erreichen könnte. Man siehet indessen aus diesem Versuche ganz deutlich und, wie ich dafür halte, mit besonderer Ueberzeugung, daß die ausdähnende Kraft der Luft allemal eben dasselbe ausrichten könne, was man sonst nur von dem Drucke ihrer Schwere erwartet, und daß die untere Luft mit einer eben so grossen Kraft gegen die Schwere der oberen Luft würket, als diejenige ist, womit sie von dieser gedrucket wird. Durch die Schwere der Luft wird der Kolben in dem Cylinder niedergedruckt: diejenige Kraft hingegen, welche den Cylinder nöthigte mit seinem Fuß Gestelle aufwärts zu steigen, bestehet in dem Vermögen, welches die Luft hat sich auszudähnen, und diese letztere bewieß sich hier in einer Grösse von mehr als drey Centnern würksam: sie würde sich auch ohne allen Zweifel in einer noch grösseren Stärke gezeiget haben, wenn ich Lust gehabt und es in diesen Umständen für rathsam gehalten hätte sie noch mehr auf die Probe zu stellen, welches auch wol der Mühe werth gewesen wäre: allein, wie gesagt, der unerwartete Anblick dieser Bewegung machte bey mir solche Eindrücke die eine Furcht erregeten. Man muß sichs lebhaft einzubilden wissen, wie eine solche Bewegung anzusehen gewesen sey, um sichs vorstellen zu können, wie einem bey deren Anblick zu Muthe seyn könne.

Eine

Eine Maschine von der Grösse und Schwere, die diese hatte, davon die Seele sich deutliche Vorstellung macht, die noch überdem durch den Anblick drey grosser gläserner Kugeln, welche den Umfang derselben sehr vergrösserten, sehr lebhaft werden, eine solche Maschine, sage ich, mit einer ziemlich schnellen Herumdrehung aufwärts steigen, und in freyer Luft schwebend zu sehen, ohne sich des Anblicks irgend einer sichtbaren Kraft oder Unterstützung bewußt zu seyn, das wird schwerlich ohne Erregung der Gedanken abgehen: ob nicht das so mühsam zusammengesetzte, so schwere und so kostbare Ganze aus einander fallen, oder die gläsernen Kugeln Gefahr laufen, oder sonst ein Unfall plötzlich erfolgen werde! Dieser Vorstellung war ich mich lebhaft bewußt und sie minderten das Vergnügen, das dieser sonderbaren Erscheinung sonst wol würdig gewesen wäre. Sie wurde mir also gewissermaaßen schrecklich, und ich hatte nicht Lust sie noch einmal zu sehen: überdem mußte ich eilen um den Haupt-Versuch zu Stande zu bringen.

Zu dem Ende war es nothwendig, zuförderst den Cylinder und dessen Gestell auf den Fuß-Boden zu befestigen. Um den Boden des Cylinders herum waren drey Lappen angegossen, jeder zwey Zoll lang und breit, und einen Zoll dicke, und in der Mitte durchbohret: vermittelst derselben wurde er durch drey Schrauben auf seinem Gestelle befestiget. Wäre diese Befestigung hinreichend gewesen der ausdähnenden Kraft der Luft zu widerstehen; so hätte nur das Gestell in den Fuß-Boden des Zimmers dürfen befestiget werden: und dieses letztere geschahe durch drey eiserne

Klammern SSS. die um die Füsse des Gestells gelegt, und an eichenen Balken, welche ich in den Fuß-Boden hatte legen lassen angenagelt wurden. Der vorige Versuch hieß mich aber noch aussterdem für eine besondere Befestigung des Cylinders sorgen: denn da das Gestell nunmehro an den Fuß-Boden befestiget war, die Luft aber die zwischen den Boden des Cylinders und dem Gestelle war, ihre Würkung ungehindert beweisen konnte; hätte sie da nicht den Cylinder mit seinen drey Schrauben vom Gestelle loßreissen können? zumal da es Holz-Schrauben waren, deren ganze Kraft, mit welcher sie in das Gestell griffen leicht durch einige wenige Centner überwältiget werden konnte, und ich es wußte daß die ausdähnende Kraft der Luft gegen den Boden des Cylinders mehr als 12 Centner betragen würde? Ich ließ also einen starken eisernen Ring um den Cylinder legen, und diesen Ring hielten drey eiserne Füsse, die einen Zoll ins Gevierte dicke, oberwärts wie ein Hacken geschmiedet und unterwärts vermittelst Nägel und eiserner Klammern an die eichene Balken des Fuß-Bodens befestiget wurden.

Diese Befestigung war nun zwar hinreichend dem widrigen Erfolge, den der erste Versuch hatte, vorzubeugen; ich hatte aber das unangenehme Schicksal einen zweyten Versuch zu machen, der ebenfalls, wiewol aus ganz andern Ursachen fehl schlug. Die hierbey vorgefallenen Umstände sind meines Erachtens nicht weniger lehrreich als die vorhergehenden, ich will sie also auch kürzlich beschreiben.

Ein

Ein neues hanfenes Thau, wenn dasselbe mit einer grossen Last beschweret wird, ist wegen der zu besorgenden Ausdähnung allemal verdächtig. Das wußte ich schon vorher: ich glaubte aber denen widrigen Folgen davon schon vermittelst einer mechanischen Veranstaltung des Versuchs wo nicht ganz doch in so weit vorgebeuget zu haben, daß die Luft bey aller zu vermuthenden Ausdähnung des Thaues die ihr entgegen stehende Last doch wenigstens bis zu einer merklichen Höhe heben müßte: allein auch hierin hatte ich mich geirret, und um auch diesen auf eine so unerwartete Art mißlungenen Versuch richtig vorstellen zu können, ist es nöthig, daß ich nun die eigentliche Theorie desselben, oder die Grösse der Kräfte, welche hier ihre Würkungen bewiesen, kürzlich erläutere.

Es ist bekannt, daß man die Grösse des Drucks der Luft gegen eine gegebene Fläche der Schwere einer Wasser-Säule gleich schätzet, deren Grund-Fläche so groß ist als die gegebene Fläche und deren Höhe 32 Rheinländische Fuß beträgt. Davon kann man sich auch selbst durch die tägliche Erfahrung mit Beyhülfe eines bekannten Grund-Satzes überzeugen. Man siehet daß die Luft das Queckſilber in der Röhre des Barometers zu einer Höhe von 28 Zoll hinauf druckt, es ist die Frage: wie hoch sie das Wasser in einer solchen Röhre, wenn man sie von der erforderlichen Länge haben könnte, hinauf drucken würde? Die **Hydrostatik** lehret: daß die Höhen der flüßigen Körper die sich einander in dergleichen Röhren im Gleichgewichte halten, oder die durch eine und eben dieselbe Kraft zu einer gewissen Höhe hinauf getrieben werden, daß diese

Höhen

Höhen sich verhalten wie die gegenseitigen eigenthümlichen Schweren dieser flüßigen Körper. Die Schwere des Quecksilbers verhält sich aber zu der Schwere des Wassers wie 14 zu 1: folglich würde das Wasser 14 mal so hoch hinauf getrieben werden, als das Quecksilber, d. i. 14 mal 28 Zoll oder 31 bis 32 Rheinländische Fuß hoch. Also ist der Druck der Luft gegen eine gegebene Fläche so groß als die Schwere einer Wasser-Säule, deren Grund-Fläche der Fläche gegen welche die Luft druckt gleich, und deren Höhe von der gemeldeten Grösse ist. Es werden in diesem Falle unter Säulen allemal solche Säulen verstanden, die durchgehends bis zu ihrer äussersten Höhe von gleicher Dicke sind.

Nun war hier die Fläche des Kolbens, gegen welche die druckende Kraft der Luft würken sollte, Circulrund, und hielt einen Fuß im Durchmesser. Rechnet man einen Cubic-Fuß Wasser 64 Pfund schwer; so beträgt die Schwere einer Wasser-Säule von gedachter Grösse etwas über 14 Centner an Schwere. So groß war also die Kraft, womit die Luft den Kolben im Cylinder niederdrucken solte, und das Gewicht auf der Waage-Schaale, welches dadurch gehoben wurde, mußte alsdenn die Grösse dieses Drucks anzeigen.

Wie gesagt ich vermuthete es, daß ein durch solche mächtige Kräfte angestrengtes Thau sich gar sehr ausdähnen, und mithin der Raum, durch welchen die Last gehoben werden solte, einen starken Abgang leiden würde. Um aber dennoch eine ansehnliche Erhöhung derselben zu befördern machte ich folgende Einrichtung.

Der

Der vorhin gedachte eiserne Hacken, an welchen der Kolben hieng, enthielt eine Rolle zwischen seiner Gabel K. Man weiß aber aus den Grund-Sätzen der Statik, daß die Kraft welche die Rolle K vermittelst dieses Hackens niederziehet zweymal so groß sey, als die Schwere der Last welche das Thau KLM zu tragen hat. Daher durfte die Waage-Schaale mit ihren Gewichten nur 7 Centner an Schwere betragen, wenn sie durch einen Druck der Luft von 14 Centnern gehoben werden sollte, und es war also ausgemacht, daß wenn diese Last von 7 Centnern gehoben wurde; so hatte die Luft den Kolben mit einer Kraft von 14 Centnern niedergedruckt, und zwar mit dem Vortheile, daß alsdenn die Waage-Schaale mit ihrer Last zweymal so hoch steigen mußte, als der Raum betrug, durch welchen der Kolben in den Cylinder niedergedruckt wurde.

Ich brachte den Kolben in eine solche Stellung daß dessen untere Fläche PP einen Fuß hoch über den Boden des Cylinders erhaben war. In diesem unter dem Kolben befindlichen Raume gedachte ich die Luft durch die drey ausgepumpten Kugeln dergestalt zu verdünnen, daß die äussere Luft den Kolben wenigstens 10 Zoll tief hinunter drucken solte, und alsdenn hätte die Waage-Schaale mit ihrer Last 20 Zoll hoch steigen müssen, dafern das Thau sich nicht dähnete. Ich nahm aber an das Thau würde sich 10 Zoll lang ausdähnen, und wer hätte wol mehr vermuthen sollen? alsdenn aber hätte die Last doch wenigstens 10 Zoll hoch gehoben werden müssen. Um die Bewegung der Rollen so leicht als möglich zu machen, ließ ich ihre

Zapfen

Zapfen und Nuthen mit Seiffe einschmieren. Die Last wurde auf die Waage-Schaale gelegt: sie zog den Kolben bis zu der Höhe von 15 Zoll über den Boden des Cylinders hinauf, und ruhete nun auf den Boden des Zimmers. Das Thau ward dadurch dergestalt angestrenget, daß keine menschliche Kraft dasselbe seitwärts zu beugen vermogte.

Ich eröfnete die Hahnen der Kugeln, das Zischen der Luft ließ sich wiederum hören. Der Cylinder saß feste und der Kolben wurden durch die äussere Luft so tief hinunter gedruckt, daß kaum ein Raum von 2 Zoll Höhe über den Boden des Cylinders übrig blieb, und dennoch kam die Waage-Schaale mit ihrer Last nicht von der Stelle; sondern blieb unbeweglich auf den Fuß-Boden liegen.

Da sahe man nun eine Ausdähnung des Thaues, die wenigstens 20 Zoll betrug, um so viel dasselbe verlängert, und dadurch abermals der Fortgang des Versuchs verhindert wurde. Beynahe hätte ich mich entschlossen an die Stelle des Thaues eine eiserne Kette machen zu lassen, wenn mich nicht die Unbequemlichkeit des Gebrauchs derselben, und das Klemmen und Reiben ihrer Gelenke auf den Rollen abgehalten hätte. Ich blieb also des Vorhabens, das Thau beyzubehalten, und dessen Ausdähnung einmal vor allemal so weit zu treiben, daß ich davon fernerhin nichts mehr zu besorgen hatte. Daher ließ ich dasselbe abnehmen, und nebst der Waage-Schaale auf eine Scheun-Dähle bringen, daselbst an einen sichern Orte am Dach-Stuhle befestigen, und die daran hangende Waage-Schaale mit einem Gewichte von 14 Centner beschwe-

beschweren. In einer Zeit von 24 Stunden hatte sich das Thau um 3 Fuß verlängert, und dabey blieb es, ob ich gleich die Waage-Schaale mit ihren Gewichten noch ferner 24 Stunden haugen ließ.

Nunmehro befürchtete ich kein Hinderniß mehr, welches dem guten Erfolge meiner Versuche entgegen stehen könnte, daher ließ ich das Thau wiederum über die Rollen der Maschine hinüber ziehen und einen abermaligen Versuch veranstalten. Den Kolben brachte ich in eine solche Lage, daß er unter sich einen Raum von 11 Zoll Höhe hatte. Darauf wurden die ausgepumpten Kugeln angeschraubet, und die Waage-Schaale mit 4 Centner Gewichten beschweret. Weil der Kolben beynahe bis zur Hälfte der Höhe in den Cylinder hinab gedrucket war; so schwebte die Waage-Schaale über den Fuß-Boden, und hatte also noch Raum unter sich, durch welchen sie sogleich hinab sank. Dadurch wurde der Kolben in dem Cylinder heraufgezogen, und die Luft unter denselben schon in etwas verdünnet. Ich eröfnete die Hahnen der Kugeln: sogleich fieng die Luft wiederum an zu zischen und die Waage-Schaale stieg mit einer ziemlichen Geschwindigkeit beynahe 20 Zoll hoch. Also hatte die Luft den Kolben mit einer Kraft von 10 Centnern niedergedruckt, so viel sich aus der Grösse des Gewichts, welches gehoben wurde, schliessen läßt: wiewol ich versichert bin, daß man noch überdem einen Centner auf den Widerstand rechnen kann, den die Reibung der Rollen mit sich brachte.

Ich machte einen neuen Versuch, und druckte den Kolben so tief in den Cylinder hinein, daß er nur 6 Zoll

hoch

hoch Raum unter sich hatte. Nachdem die ausgepumpten Kugeln angeschraubet waren, ließ ich die Waage-Schaale mit 5 Centnern Gewichte beschweren. Der Kolben wurde wiederum herauf gezogen, so daß er beynahe 12 Zoll hoch Raum unter sich bekam. Die Waage-Schaale kam nur nach und nach auf den Fuß-Boden zur Ruhe, weil die Luft unter den Kolben durch diese Bewegung noch einmal so stark verdünnet wurde als die äussere Luft. Ich eröfnete die Hahnen der Kugeln, und die Waage-Schaale stieg mit einer lebhaften Bewegung 20 Zoll hoch: der Kolben aber blieb beynahe 3 Zoll hoch über den Boden des Cylinders stehen, also hatte ihn die Luft bey diesem Versuche mit einer Kraft von mehr als 12 Centnern niedergedruckt. Ich ließ die Waage-Schaale in diesem Zustande noch mit einem Centner beschweren, sie sank 2 bis 3 Zoll nieder. Der Kolben wurde ohngefähr einen Zoll hoch heraufgezogen, und so blieb alles in Ruhe. Folglich bewieß hier die Luft ein Vermögen von 14 Centnern in ihrem Drucke. Ich ließ noch 50 Pfund auflegen. Die Waage-Schaale sank durch 3 bis 4 Zoll hinab, und ich trug Bedenken die Balken des Gebäudes, an welchen die Rollen befestiget waren, mit mehreren Gewichten zu beschweren. Indessen habe ich diese Versuche hernachmals sehr oft mit eben dem Erfolge wiederholet: und also ist die Grösse des Drucks der Luft durch neue Versuche im Grossen bewiesen.



Der

Der dritte Versuch.

Von einigen im Luftleeren Raum hervorgebrachten merkwürdigen Erscheinungen.

Weil ich in dem Berichte des vorhergehenden Versuchs des Auspumpens der Luft vielfältig gedacht habe; so veranlasset mich dieses einige merkwürdige Versuche die allzumal im Luftleeren Raume gemacht sind, hier theils zu beschreiben, theils zur Erleichterung der Bewerkstelligung derselben eines und das andere anzuführen. Der erste von diesen Versuchen betrift den Dampf, der durch das Auspumpen der Luft sogleich nach den ersten Zügen im Recipienten zu entstehen pfleget. Der zweyte eine feurige Röthe, die ich bey einer gewissen Gelegenheit unter den Recipienten wahrgenommen, nachdem die Luft vorher ausgepumpet worden. Der dritte die beste Art, wie man die Ausbreitung des Schalls durch das Auspumpen der Luft verhindern könne. Die vierte wie man am bequemsten und sichersten beweisen könne, daß in einem Luftleeren Raume keine Feuer-Flamme möglich sey. Diese Versuche sind zum Theil bekannt, zum Theil vielleicht auch nicht. Wie dem auch sey; so werde ich doch eines und das andere davon anführen, das der Aufmerksamkeit des Lesers nicht ganz unwürdig befunden werden dürfte.

Bey physischen und mathematischen Vorlesungen werden dergleichen Versuche als Bestätigungen ge-

wisser an sich nicht so bekannter und ausgemachter Grund-Sätze angesehen, und bisweilen müssen sie die Stelle eines Beweises vertreten, wenn der zu behauptende Satz sich nicht so leicht aus anderweitigen bekannten Grund-Sätzen herleiten läßt: um so viel nöthiger ist es bey der Bewerkstelligung derselben darauf bedacht zu seyn, daß sie möglichst einleuchtend werden, und dadurch allen entgegen gesetzten Zweifeln entweder vorbeugen oder ihnen mit der erforderlichen Ueberzeugung begegnen mögen. Alsdenn sind sie an ihren Orte, und da, wohin sie gehören, sehr wichtig, und man muß ihnen diejenige Vollständigkeit zu verschaffen suchen deren sie fähig sind. Dazu scheinen mir nun mehrere Arten bey einem und eben demselben Versuche zu verfahren behülflich zu seyn. Fast eine jede derselben stellet die Wahrheit auf einer besondern Seite vor, und begegnet denen Einwürfen, denen sie auf dieser Seite bloß gestellet ist. Geschiehet dieses von mehreren Seiten; so kann die Wahrheit dadurch ihre erforderliche Gewißheit erhalten, und es ist also nicht ohne grossen Nutzen, wenn mehrere Arten, wie man in dergleichen Versuchen verfahren könne, in Vorschlag gebracht werden.

Es ist bekannt: daß wenn man einen hellen und reinen gläsernen Recipienten von Luft entlediget, sogleich nach dem ersten Zuge der Luft-Pumpe ein Nebel in demselben entstehe, der bey den zweyten und dritten Zuge immer dicker wird, bey den vierten Zuge wie von einem Wirbel herum getrieben wird, und sodann in Gestalt kleiner Wolken auf den Teller der Luft-Pumpe hinab sinkt und sich verlieret. Einige berühmte

rühmte Natur-Forscher sind der Meinung gewesen: dieser Dampf rühre von dem nassen Leder her, worauf man den Recipienten zu stellen pfleget, und werde dadurch verursachet, daß sogleich bey dem Anfange des Auspumpens die Luft aus dem Leder hervor trete, und die Feuchtigkeiten desselben mit sich fortreisse: allein wie irrig diese Meinung sey siehet man unter andern auch daraus, daß der Dampf eben sowol und eben so stark wahrgenommen wird, wenn man auch das Leder vom Teller der Luft-Pumpe wegnimt, und an dessen statt den Recipienten mit Lack oder mit Wachse befestiget. Daher ist nicht zu zweifeln, daß dieser Dampf eigentlich in denen fremden Materien bestehe, mit welchen die Luft an allen Orten, und zu allen Zeiten angefüllet ist. Dieses leztere hat insonderheit **Nollet** in denen physischen Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften zu Paris vom Jahr 1740 durch mehrere Versuche bewiesen, und ich will dasjenige, was ich davon wahrgenommen und zur Bestätigung dieser Meinung dienen kann, hier kürzlich berichten.

Wenn man auch zur Bewerkstelligung des Versuchs sonst nichts thut, als daß man nur den wol gereinigten hellen Recipienten aufsezt und ihn von Luft ausleeret; so wird auch alsdenn dieser Dampf schon so sichtbar, als es nöthig ist, um von dessen Daseyn durch den Augenschein versichert zu werden. Noch vielmehr geschiehet es, wenn man brennendes Papier oder andere brennbare Materien, insonderheit brennenden Wein-Geist auf den Teller der Luft-Pumpen bringet, und den Recipienten in einiger Entfernung behutsam

darüber hält, so daß er nicht anlaufe und trübe werde, darauf diese angezündeten Materien wegnimt, und den Recipienten aufsetzet und auspumpet. Gleich nach den ersten Zuge entstehet ein dicker Nebel, der den vorher hellen und durchsichtigen Recipienten ganz trübe und undurchsichtig macht, ohne daß die inwendige Fläche desselben angelaufen wäre. Nach den vierten oder fünften Zuge sinkt auch dieser dicke Nebel zu Grunde, und es wird unter den Recipienten heiter. Man siehet daraus, wie fein die Luft vermittelst ihrer Dichtigkeit die sie unmittelbar über der Ober-Fläche der Erde hat, die in ihr vorhandenen fremden Dünste, so viel deren auch ist und so dichte sie auch seyn mögen, aufzulösen, und in ihre Zwischen-Räume zu vertheilen oder vielmehr zu verbergen wissen, ohne dadurch ihrer Durchsichtigkeit den geringsten Eintrag zu thun.

Man hat sich verschiedentlich mit der Beantwortung der Frage beschäftiget: wie die Luft sich in diesen sonderbaren Würkungen verhalte, und ob man sie in Ansehung derselben als einen Schwamm, oder als ein Auflösungs-Mittel betrachten müsse? Diese Frage bestehet aus zween Sätzen, und ich halte dafür man müsse sie einander nicht entgegen setzen; sondern mit einander verbinden, und sie alsdenn beyde bejahen. Wolte man die Luft bloß als einen Schwamm betrachten; so hiesse das behaupten: die Luft thue bey der Sache weiter nichts, als daß sie die Dünste, so wie ein Schwamm die Feuchtigkeiten an sich ziehe! und das wäre ohnstreitig zu wenig gesagt und zu Erklärung dessen, was die Erfahrung von diesen Natur-Begebenheiten lehret nicht hinreichend, denn die Luft thut

augen-

augenscheinlich mehr: sie ziehet die Dünste nicht nur an sich; sondern sie zertheilet dieselben auch in ihre allerkleinsten Bestand-Theile, und verbirget sie in ihren Zwischen-Räumen so fein und vollkommen, daß man von ihnen nichts gewahr wird, und diese letzteren Würkungen fallen bey einem Schwamm weg, und haben vielmehr zu bedeuten, als das blosse Anziehen sagen will. Wäre die Luft aber ein blosses Auflösungs-Mittel; so würden diese Natur-Begebenheiten auch nicht auf die gemeldete Art erfolgen können. Denn ein Auflösungs-Mittel ziehet niemals Materien von verschiedener Art zugleich an sich, löset sie auch nicht zugleich auf; sondern indem es sich mit der Materie von der einen Art beschäftiget, lässet es die von der andern Art fahren, und die anziehende Kraft desselben beweiset sich nur gegen diejenige Materie würksam, die es würklich auflöset: da dieses nun allezeit nur eine ist; so siehet man leicht daß die anziehende Kraft der Luft über die Natur eines Auflösungs-Mittels hinweg gehe, denn sie ziehet nicht nur wässerigte sondern auch alle andere Dünste an sich, löset selbige auf und zertheilet sie zugleich, und zeiget also darin beyde Eigenschaften eines Schwamms und eines Auflösungs-Mittels.

Die Grösse dieser Würkungen der Luft richtet sich nach der Grösse ihrer Dichtigkeit, worin sie wiederum von einem blossen Auflösungs-Mittel verschieden ist, und einem Schwamm nachartet. Denn sobald die Luft verdünnet oder ihre Dichtigkeit vermindert wird, sobald verlieret sie das zu diesen Würkungen erforderliche Vermögen: die fremden Dünste treten aus denen

verborgensten Behältnissen, in welchen die Luft sie verschlossen hatte, hervor, gesellen sich zu ihres gleichen, und bilden zusammenhangende grössere Theile ihrer Materie, die den Augen nicht mehr verborgen bleiben können. Diese ihre Bewegung und Verbindung mit einander nimmt in dem Maasse zu, in welchem die Luft des Vermögens sie aufzulösen und zu vertheilen oder zu verbergen beraubet wird, welches durch die Verdünnung vermittelst des Auspumpens geschiehet: endlich gerinnen sie so stark, daß sie in Gestalt kleiner sichtbarer Cörper auf den Teller der Luft-Pumpe hinab fallen. Dieses letztere aber fällt nicht so merklich in die Augen, wenn man den Versuch von welchen hier die Rede ist, auf die gewöhnliche Art macht: man schließt es vielmehr nur daraus, weil sich der Dampf hinab senkt und sodann verlieret. Wo ist er nun geblieben? Er kann sich schleunig durch das Epistonium der Luft Pumpe gezogen haben: oder er kann von der unbekannten feinen Materie, die sich nach einiger Meinung alsdenn erst recht würksam beweiset, wenn die Luft mehrentheils hinweg geschaft ist, eine schleunige Verwandlung erlitten haben. Durch diese Ungewißheiten wird sowol die Frage: was diese Dämpfe eigentlich sind? als auch: wie und in welcher Gestalt sie sich von der Luft absondern, und wo sie alsdenn bleiben? dunkel und zweifelhaft gemacht. Um ihnen nach Anweisung der oben angeführten Regul abzuhelfen habe ich den Versuch auf eine besondere Art gemacht, dadurch dieser Zweck erreicht werden kann.

Ich war begierig die kleinen Bestand-Theile dieser Dünste deutlicher zu betrachten, und glaubte es müsse sich

sich an ihnen von dem ersten Entstehen dieses Dampfes bis zu dessen Verschwinden eine merkliche Veränderung äussern, die einer sorgfältigen und aufmerksamen Betrachtung wohl werth sey. Um dazu Gelegenheit zu bekommen und alles recht sichtbar zu machen, ließ ich das Zimmer, in welchen diese Versuche gemacht wurden, an einen hellen Mittage und bey heitern Sonnen-Schein verfinstern und den Sonnen-Strahl durch eine Oefnung von einem Zoll im Durchmesser in dasselbe hinein fahren. In diesen Strahl stellete ich die Luft-Pumpe so daß er mitten durch den Recipienten hindurch fuhr, und auf diese Art konnte man die merkwürdige Erscheinung so genau und bequem betrachten, daß der Anblick ein besonderes Vergnügen gewährete. Gleich nach den ersten Zuge entstunden kleine Blasen die den Recipienten anfülleten, und die der Strahl sichtbar machte: bey dem zweyten und dritten Zuge wurden sie grösser, und geriethen in eine starke Bewegung unter einander die sich mit grossen Vergnügen betrachten ließ. Nach dem vierten Zuge wurden sie so groß, als sie es in diesen Umständen werden können, und fielen in der Gestalt eines Regens sehr zahlreich hinab.

Ich weiß es aber nicht ob man die auf diese Art sichtbar werdenden Theile der fremden Materie in der Luft Blasen zu nennen berechtiget ist, ohngeachtet man durch den äussern Anblick beynahe dazu verführet wird, denn sie scheinen sich auszudähnen, und die Grösse ihres Umfangs nimt in dem Masse zu, in welchem die Luft, die sie umgiebt, verdünnet wird. Das veranlasset den Gedanken als wären sie Blasen, die durch

ihre inwendige Luft immer mehr ausgedähnet werden, je weniger Widerstand sie in der sie umgebenden Luft finden: er kann aber irrig seyn, denn der Anblick ist bey diesen Kleinigkeiten der Natur sehr betrüglich und diese feinen Theile der von der Luft sich absondernden Dünste können auch dadurch in der Grösse ihres Umfangs zunehmen, weil sich ihrer mehrere vermöge ihrer anziehenden Kräfte, die bey fortwährender Verdünnung der Luft immer würksamer werden, mit einander vereinigen.

Wie dem auch sey; so ist mir doch kein Mittel bekannt, welches so bequem wäre, sich durch den Anblick von der Menge der fremden Materien in einer dem Ansehen nach ganz reinen Luft eine so lebhafte und augenscheinliche Vorstellung zu machen, als dieses. Und überhaupt verdienet diese Art die Versuche mit der Luft-Pumpe in einem verfinsterten Zimmer bey einem hindurchfahrenden Sonnen-Strahl zu machen, daß man sie anpreise: man entdeckt bey vielen Begebenheiten die sich in einem Luftleeren Raume eräugnen, besondere Umstände, die man sonst nicht oder wenigstens nicht so deutlich wahrnehmen wird, und vieles zeiget sich ganz sonderbar nnd unerwartet, zu dessen Betrachtung das Auge nur alsdenn tüchtig ist, wenn es von den Eindrucke alles fremden hierzu nichts beytragenden Lichts befreyet wird. Ich rechne hieher alle diejenigen Versuche, welche die feinen Theile der Materien z. B. der Dünste in der Luft, oder der in flüßigen Materien als im Wasser u. a. m. verborgenen Luft, auch der aus festen Cörpern als Obst u. a. m. wenn sie unter den Recipienten in ein sehr reines und durchsichtiges gläsernes Gefäß voll Wasser gethan werden,

den, hervortretenden Luft betreffen. Alle diese und dergleichen Versuche werden sehr viel merkwürdiges, dessen man sonst nicht gewahr wird, zeigen, wenn sie sonst durch nichts, als nur durch den in ein versinstertes Zimmer hineinfahrenden Sonnen-Strahl dem Auge sichtbar gemacht werden. Uebrigens sind sie bekannt und die Wahrheiten, die sie lehren, gleichfalls: daher ich mich bey deren Beschreibung nicht aufhalten will.

Der andere Versuch, dessen ich hier gedenken will, gehöret unter diejenigen, die einem so von ohngefähr zur Hand kommen ohne daß man eben seine Absicht auf sie gerichtet, oder dasjenige gesucht hätte, was sie darbieten. Ich hatte seit geraumer Zeit in einer kleinen gläsernen Flasche eine Solution von Eisen, oder Eisen in Scheide-Wasser aufgelöset, aufbehalten, um davon einen gewissen Gebrauch zu physischen Versuchen zu machen. Um die Schärfe dieser Säure zu verstärken warf ich noch ein wenig blauen Vitriol hinein. Darauf setzte ich die Flasche unter dem Recipienten, und zog die Luft heraus, um eine zu meinen Vorhaben beförderliche Würkung hervorzubringen. Bey dieser Gelegenheit bemerkte ich einen Umstand, der mir ganz unerwartet war, und dessen Anblick Bewunderung verdienet. Ohngefähr nach 8 bis 10 Zügen, da das Quecksilber in der an der Luft-Pumpe befindlichen torricellischen Röhre 16 Zoll hoch gestiegen war, entstand eine Röthe unter den Recipienten, die, jemehr die Luft durch fortwährendes Auspumpen verdünnet ward, desto feuriger wurde, und den ganzen Recipienten erfüllete. In der Entfernung von einigen Schrit-

ten von der Luft-Pumpe sahe der Recipient aus, als wenn er im Schmelz-Ofen in der heftigsten Glut des Feuers stünde. Der Anblick erweckte bey mir die Sorge: ob nicht vielleicht durch die Exantlation eine unerwartete Entzündung in der Solution entstehen, und dem Recipienten ein, wiewol unbegreifliches Unglück begegnen mögte! Ich eilte daher die Luft wiederum hineinzulassen, und sogleich verschwand die Röthe gänzlich, und der Recipient wurde trübe, wie es, wenn die Luft wieder hinein gelassen wird, gewöhnlich ist: ich nahm ihn ab, verspürte aber an der Solution kein Merkmal einer Entzündung. Die Neu-Begierde veranlaßte mich diesen Versuch zu wiederholen. Ich trocknete den Recipienten sorgfältig aus, und rieb ihn mit einem wollnen Lappen inwendig und auswendig, um ihn vollkommen helle und klar zu machen, und darauf wurde die Luft wiederum ausgepumpet. Die Röthe erfolgte wie vorher, und war nun in dem so sorgfältig gereinigten Recipienten um so viel fürchterlicher anzusehen, je mehr die Luft in demselben verdünnet wurde.

Diesen Versuch machte ich in einem grossen hellen Zimmer, welches eben zu der Zeit von den Sonnen-Strahlen nicht durchleuchtet wurde, und noch weniger konnte der Recipient an dem Orte wo die Luft-Pumpe stand, von ihnen getroffen werden. Daher kann diese Röthe der Brechung eines in das Zimmer hineinfahrenden Sonnen-Strahls nicht zugeschrieben werden: und eben darum ist diese Erscheinung merkwürdig und lehrreich sowol in Ansehung der feinen Ausdünstungen, die eine solche Vitriol-Säure in einem Luft-

leeren

leeren Raume von sich giebt; als auch in Ansehung der Brechung der Licht-Strahlen, die dadurch verursachet wird. Ich habe sie also hier melden wollen: und weil der Versuch leicht wiederholet werden kann, ich aber jetzt nicht mehr Gelegenheit habe, diese Sachen genauer untersuchen zu können; so überlasse dieses andern, denen die dazu erforderlichen Instrumente bey der Hand sind.

Die Versuche vom Schalle, und wie die Ausbreitung desselben wenn er in einem Luftleeren Raume hervorgebracht wird, wegfalle, sind gewöhnlich und bekannt, man macht sie um zu beweisen: daß die Fortpflanzung des Schalles lediglich der Luft zugeschrieben werden müsse. Dieser Satz ist durch die Erfahrung bewiesen, wenn in einem Luftleeren Raume eine solche Bewegung oder ein solches Anstossen der Cörper an einander hervorgebracht wird, davon sonst allemal, und nur allein in diesem Fall nicht, ein Schall entstehet. Indessen will ich von diesen Versuchen hier etwas anführen, welches denen, die in der Bewerkstelligung derselben noch nicht geübt sind, vielleicht nicht unangenehm seyn wird.

Es ist nöthig darauf bedacht zu seyn daß dergleichen Versuche entscheidend genug ausfallen mögen: denn es giebt ohnedem in der Ausbreitung des Schalls Verborgenheiten genug. Wir wissen es wol, und man kann es auf gehörige Art durch Versuche mit aller Gewißheit darthun daß ohne Luft keine Fortpflanzung des Schalls statt finde: allein wie sie von der Luft bewerkstelliget werden und wie man sie sich vorzustellen habe, das ist bis jetzt ein Geheimniß. Soll man sich

sich die Sache etwa so, wie die in einem stillen Wasser durch einen hineingeworfenen Stein entstehenden creißförmigen Bewegungen vorstellen? Ich zweifle daran, daß diese Vorstellung richtig sey und werde in der Folge bey der Beschreibung des Versuchs von der Sprengung der Glaß-Tropfen Gelegenheit finden zu zeigen, daß diese und dergleichen Bewegungen des Wassers von solchen Eigenschaften desselben herrühren, die die Luft gar nicht hat: und vermöge dieser Eigenschaften des Wassers entstehen in demselben aus einem Mittel-Puncte viele auf einander folgende Circul, die in der Luft auch nicht statt finden, denn sonst müßte ein jeder Schall als ein Rasseln oder Getöse von einer merklichen Dauer vernommen werden, welches doch, wenn sonst kein Widerschall da ist, nicht geschiehet. Diejenigen Vorstellungen, die von den zitternden Bewegungen mit einer Feder-Kraft begabter Materien hergenommen werden, sind ohnstreitig richtiger und der Natur der Sache gemässer. Denn die untere Luft besitzt eine sehr grosse Feder-Kraft, die durch den Druck der obern Luft beständig gespannt ist, und in diesem Grade der Spannung ist sie solcher Zitterungen fähig. Die Stärke derselben und die Grösse des Raums, durch welchen sie sich ausbreiten, richtet sich nach der Stärke der Spannung. Ein Schieß-Gewehr, das auf einem hohen Berge abgefeuert wird, giebt daselbst keinen so starken und so weit sich ausbreitenden Knall, als unten am Fusse des Berges, weil die Luft in solcher Höhe von einer so grossen Last der obern Luft nicht gedrucket wird, und also auch in solchem Grade nicht gespannt ist.

Bey dem allen ist es doch unbegreiflich, wie diese Bewegung der Luft sich nicht nur Circulförmig; sondern auch sogar Kugelförmig ausbreiten könne, welches doch, weil der Schall nach allen möglichen Richtungen von dem Orte aus wo er entstehet vernommen wird, würklich geschiehet; ingleichen wie diese Bewegungen durch andere entgegengesetzte, oder doch noch ganz verschiedene Richtungen durch eben dieselben Räume hindurch vor sich gehende und zu gleicher Zeit erfolgende Bewegungen nicht unterbrochen oder aufgehoben werden. Denn man kann in verschiedenen Fällen beweisen, daß die Bewegungen, durch welche der Schall und der Widerschall ausgebreitet werden, durch einander laufen und dennoch eine jede dieser Arten des Schalls in einer ansehnlichen Entfernung vorwärts von dem Orte wo dieser Zusammenstoß geschahe, als verschieden empfunden werden.

Ueberhaupt bedarf dieser Theil der Natur-Lehre noch vieler Erläuterungen: vor allen Dingen aber ist es nöthig den Haupt-Satz desselben, daß die Luft allein den Schall ausbreite, und daß diese Ausbreitung ohne Luft nicht erfolgen könne, durch Versuche genugsam zu bestätigen. Man macht zur Bewerkstelligung derselben gewisse gewöhnliche Veranstaltungen, die ich aber allezeit unzulänglich befunden habe. Vermittelst eines verschiedentlich eingerichteten Instruments befestiget man eine an einer metallnen Feder hangende und also bewegliche Glocke mit ihrem Klöppel an dem Epistomio der Luft-Pumpe: darüber setzet man einen Wirbel-Recipienten, durch dessen obere kleine Oefnung ein meßingener Haken hineinwärts gehet, vermittelst dessen man die Glocke in eine hin und her schwankende Bewegung

gung versetzen, und solchergestalt das Anschlagen ihres Klöppels befördern kann. Wenn nun die Luft vorher wol ausgepumpet worden; so soll auf diese Art die Fortpflanzung des Schalls verhindert seyn: ich habe aber gefunden, daß dieser Versuch allezeit mißlinget, und daß man das Anschlagen der Glocke auch selbst alsdenn, wenn alles auf die behutsamste Art eingerichtet wird, noch gar wohl hören kann.

Hier fällt nun zwar ein gegründeter Verdacht auf den Wirbel-Recipienten, und es ist wahr, er hat sein Urtel schon längst von verschiedenen in diesen Sachen erfahrnen Natur-Forschern empfangen: daß er dem erwünschten Erfolge der Versuche hinderlich sey: welches jedoch mit Einschränkung zu verstehen ist. Ein Wirbel-Recipient unterscheidet sich von denen andern darin, daß er in seinem Scheitel offen, und daselbst mit einer meßingenen Einfassung versehen ist, in deren Mitte ein Loch von ohngefähr $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{7}$tel eines Zolls im Durchmesser Gelegenheit giebt einige Instrumente anbringen zu können, durch welche die Bewerkstelligung verschiedener Versuche in einem Luftleeren Raume erleichtert wird: so wird z. B. in diesem Falle, von welchen wir hier reden, die unter den Recipienten vorhandene Glocke durch einen meßingenen Hacken in Bewegung gesetzet: es ist aber leicht zu begreifen, daß die Luft, so oft dergleichen Bewegungen durch die gedachte kleine Oefnung des Wirbel-Recipienten während des Versuchs vorgenommen werden, in den leeren Raum mit hinein schlupfe, welches sich auch selbst alsdenn, wenn die Stange des meßingenen Hackens sehr gut poliret ist, und in der Oefnung genau anschliesset, kaum verhindern läßt. Das lehret auch der Augenschein,

schein, wenn man sich einer Luft-Pumpe bedienet, die mit einer torricellischen Röhre versehen ist. Das Quecksilber, welches bey dem vorhergegangenen Auspumpen der Luft bis zu einer gewissen Höhe gestiegen war, fängt während der gedachten Bewegungen alsobald an zu fallen, welches ein sicherer Beweiß ist, daß Luft in den Recipienten hinein dringe. In allen Versuchen hingegen, da die in der Oefnung des Wirbel-Recipienten angebrachten Instrumente festsitzen, und also angeküttet oder mit Unschlitt verwahret werden können, wird dieser Recipient so sicher als ein jeder anderer und ungemein brauchbar befunden werden.

Und überdem bin ich gewiß versichert, daß auch bey diesem Versuche der mißlingende Erfolg dem gedachten Fehler des Wirbel-Recipienten nicht allemal beygemessen werden könne, und weiß es aus anderen Versuchen, daß wenn auch ein Recipient von vollkommener Sicherheit gebraucht wird, bey obiger Verbindung der Glocke mit dem Epistonico der Luft-Pumpe das Anschlagen des Klöppels dennoch allemal gehöret werde, und daß dieses nicht verhindert werden könne, so lange das Epistonicum oder überhaupt der Teller der Luft-Pumpe von dem Instrumente, an welchen die Glocke befestiget ist, unmittelbar berühret wird. Denn ein klingender Körper, der ander harte und feste Körper unmittelbar berühret, theilet ihnen seine Zitterungen mit, und diese theilen sie der äusseren Luft mit: solchergestalt wird der Schall fortgepflanzt, wenn auch die Luft unter den Recpienten aufs beste ausgepumpt ist. Um dieses zu beweisen, und zugleich eine bessere

Methode

Methode die zu richtigen Erfahrungen in diesen Sachen anleitet, zu finden, habe ich folgende Versuche gemacht.

Auf den Teller der mit einer torricellischen Röhre versehenen Luft-Pumpe setzte ich eine schlagende Tisch-Uhr, deren Gehäuse geöfnet war, so daß man den Hammer und die Glocke sehen konnte. Der Schlag der Uhr war übrigens so laut, daß er auch bey verschlossenen Thüren in einem benachbarten Zimmer gehöret wurde. Diese Uhr stellte ich bis auf wenige Minuten vor 10 Uhr, und setzte sie auf den Teller der Luft-Pumpe, so, daß sie von dem Epistomio unmittelbar berühret wurde: ich ließ sie fortgehen, setzte einen gemeinen und ganz verschlossenen Recipienten darüber, und pumpte die Luft so reine aus, daß das Quecksilber in der torricellischen Röhre beynahe eine Höhe von 28 Zoll erreichte. Darauf fieng die Uhr an zu schlagen, und man hörte den Klang der Glocken zwar schwach, aber doch vernehmlich genug, ob gleich die Luft so vollkommen ausgepumpt war, als es vermittelst einer guten Pumpe geschehen kann, und ich dessen gewiß war daß während des Versuchs kein Zugang der äussern Luft zu den Raum unter den Recipienten statt gefunden. Ich wiederholte den Versuch, und stellte die Uhr bis auf einige Minuten vor 11 Uhr, vermied alle Berührung der Uhr mit dem Epistomio der Luft-Pumpe, ließ sie aber den Recipienten von innen berühren, und pumpte die Luft aus bis das Quecksilber die vorige Höhe erreicht hatte: und man hörete das Schlagen der Uhr wiederum ganz vernehmlich. Ich wiederholte endlich den Versuch zum zweyten mahl, und stellte die Uhr bis einige Minuten vor 12 Uhr, die

Füsse

Füsse der Uhr setzte ich auf Baum-Wolle, so daß sie weder von dem Epistomio noch von dem Recipienten berühret wurde. Die Luft wurde wiederum bis zu den vorhingemeldeten Grade ausgepumpt. Die Uhr hub an zu schlagen, man sahe die Bewegung und das Anschlagen des Hammers an die Glocke, ohne von allen 12 Schlägen das mindeste zu vernehmen, so nahe man auch das Ohr an den Recipienten halten mogte.

Hieraus folget also: daß in einem Luftleeren Raume kein Schall entstehen könne, und daß, wenn man dieses durch Versuche beweisen will, das Instrument mit der Glocke auf den Teller der Luft-Pumpe so gestellet seyn müsse, daß alle unmittelbare Berührung sowohl des Recipienten, als der übrigen Theile der Luft-Pumpe gänzlich vermieden werde.

Der vierte Versuch, dessen ich hier zu gedenken habe, betrift die Nothwendigkeit der Luft und ihrer Beyhülfe zur Hervorbringung und Erhaltung der Feuer-Flamme. Dieser Versuch hat weniger Schwierigkeiten: nur scheinet er, wenn er auf die gewöhnliche Art gemacht wird, nicht entscheidend zu seyn. Man stellet ein brennend Licht unter den Recipienten, und pumpet die Luft aus: die Flamme des Lichts höret auf sich zu heben, sie bleibt niedrig, wird immer kleiner, und endlich verlieret sie sich gar, darauf steiget ein Dampf in die Höhe, senkrecht, wie der Strahl eines Spring-Brunnens, stosset an die obere Decke des Recipienten an, und fällt von allen Seiten sichtbar auf den Teller der Luft-Pumpe herab. Dieses senkrechte Aufsteigen des Dampfs in einer stark verdünnten Luft ist zu bewundern, und bedarf einer genauen Unter-

suchung, darauf ich mich aber hier nicht einlassen werde. Jetzt ist meine Absicht nur zu zeigen: daß dieser Versuch nicht hinreiche den Satz zu beweisen, der bewiesen werden soll. Denn die Fortdauer einer Feuer-Flamme erfordert nicht nur überhaupt Luft; sondern auch insonderheit frische Luft. Man stelle ein brennendes Licht unter den Recipienten ohne die Luft auszupumpen, und das Licht wird, wiewohl etwas später, auf die vorhin gemeldete Art verlöschen. Daher bleibt es bey obigem Versuche zweifelhaft: ob diese Würkung dem Mangel an Luft überhaupt oder eigentlich nur dem Mangel an frischer Luft beyzumessen sey. Eingesperrte Luft, die mit Dünsten angefüllet wird, wie die Luft in einem Recipienten, unter welchen ein brennend Licht stehet, wird eben dadurch sowol zum Othen holen der thierischen Körper, als zur Erhaltung der Feuer-Flamme untüchtig: wie dieses zugehe, und ob der Luft in solchen Umständen eine gewisse Eigenschaft beygebracht oder eine fremde Materie mit ihr vermischet werden, die sich diesen so nothwendigen Würkungen widersetzen: oder ob sie einer dazu erforderlichen Eigenschaft oder Materie beraubet werde, läßt sich hier nicht untersuchen. Genug aus obigem Versuche erhellet nur dieses: daß in verdünnter so wie in eingesperrter Luft keine Feuer-Flamme fortdaure.

Bey dem allen bleibt noch immer die Frage übrig: ob nicht dennoch in einer stark verdünnten Luft oder in einem Luftleeren Raume eine Feuer-Flamme wenigstens auf einen Augenblick entstehen könne? Eine durch die Erfahrung bestätigte verneinende Beantwortung dieser Frage wird den Satz: daß in einem Luftleeren Raume keine Feuer-Flamme statt finde, und

daß

daß also die Luft zur Hervorbringung derselben schlechterdings nothwendig sey, gänzlich ausser Zweifel setzen. Da es nun der Mühe werth ist diese Wahrheit, die in der Natur-Lehre von Erheblichkeit ist, und in Erklärung verschiedener Geheimnisse der Natur vortheilhaft gebraucht werden kann, auch durch Versuche hinlänglich zu bestätigen; so bin ich der Meinung, daß dazu nichts brauchbarer sey, als das Schieß-Pulver, weil die Natur bey der Entzündung desselben eine Feuer-Flamme mit solcher Gewalt hervorbringet, der nichts widerstehen kann, und bey welcher wegen ihres schnellen Entstehens und Verschwindens obige Zweifel, zu welchen die Fortdauer der Flamme des Lichts Gelegenheit gab, nicht statt finden: wäre daher irgend eine Feuer-Flamme in einem Luftleeren Raume würklich zu machen; so müßte es dann gewiß die Flamme des Schieß-Pulvers seyn: solte aber auch diese in solchen Umständen gänzlich wegfallen; so wäre an der Unmöglichkeit flammendes Feuer in einem Luftleeren Raume hervorbringen zu können nicht mehr zu zweifeln.

Man hat auch in der That schon eine gewisse bekannte und gewöhnliche Einrichtung, vermittelst deren man den Versuch macht, der es beweisen soll: daß in einem Luftleeren Raume kein Schieß-Pulver angezündet werden könne: allein sie hat, wie ich wenigstens dafür halte, auch ihre wichtigen Fehler. Man schraubet auf das Epistomium der Luft-Pumpe ein Schloß mit Hahn und Pfanne, man leget Schieß-Pulver auf die Pfanne, und ziehet den Hahn auf: man setzet den Wirbel-Recipienten darüber, und nachdem man die Luft ausgepumpet drucket man vermittelst der

meßingenen Stange desselben das Schloß ab. Nun habe ich zwar, so oft ich auch diesen Versuch gemacht, niemals gesehen, daß das Pulver angezündet worden wäre: ich würde aber dennoch Bedenken tragen daraus zu schliessen: daß deßwegen die Anzündung des Schieß-Pulvers in einem Luftleeren Raume nicht möglich sey: denn es lassen sich hier allerley andere Ursachen vermuthen, dadurch diese Anzündung verhindert werden kann, ohne daß es eben die Abwesenheit der Luft alleine seyn solte. Zuförderst ist die Frage: ob die Feuer-Funken des Schlosses in einem Luftleeren Raume so lange glüend bleiben, bis sie das Pulver erreichen? sodann: ob bey einem jeden Abdrucke des Schlosses Funken entstanden sind? das läßt sich unter den Recipienten schwerlich bemerken, und macht den Versuch zweifelhaft: und endlich weiß man, daß gleich beym Anfange der Verdünnung der Luft unter den Recipienten ein Nebel entstehet, der zuletzt in der Gestalt sichtbarer Dünste hinabfällt, durch diese kann das Pulver feuchte geworden seyn, und auch selbst die Dünste der wenigen in der verschlossenen Pfanne vorhandenen Luft können es zur Anzündung unbrauchbar gemacht haben. Alle diese Zweifel haben wenigstens so viel auf sich, daß sie dem Versuche seine entscheidende Gewißheit benehmen und lassen sich schwerlich heben. Und überdem ist diese Einrichtung des Versuchs, wenn sie auch die erforderliche Vollkommenheit hätte, dennoch zu widerrathen, weil sie zufälliger Weise gefährlich werden kann. Beym Abdruck des Schlosses fähret die Pfanne mit einem heftigen Stosse hinter sich zurück, und drohet sowohl dem Recipienten als auch dem Zuschauer ein Unglück, dessen Verhütung eine

Behut-

Behutsamkeit erfordert, deren man bey solchen Versuchen durch eine andere Einrichtung besser überhoben ist.

Um alle diese Unbequemlichkeiten zu vermeiden, habe ich den Versuch folgendergestalt gemacht. Der Recipient muß rein abgetrocknet werden, damit er möglichst helle und klar sey. Auf den Teller der Luft-Pumpe legt man ein wenig Papier oder einen Thee-Löffel, und schüttet eine kleine Messer-Spitze voll Schieß-Pulver darauf. Wenn nun die Luft wohl ausgepumpet worden, bedienet man sich eines guten Brenn-Glases, dessen Würkung der Recipient niemals verhindert, und suchet das Pulver vermittelst der Sonnen-Strahlen anzuzünden: allein dieses wird in einem Luftleeren Raume, ja auch in einer stark verdünnten Luft niemals geschehen: das Pulver fängt an zu schmelzen, aufzuwallen und zu zerfliessen ohne sich jemals zu entzünden. Setzet man hingegen den Recipienten nur über das Pulver ohne die Luft auszupumpen; so erfolget die Entzündung des ersteren vermittelst des Brenn-Glases sogleich. Ich habe auch oft wahrgenommen, daß das Pulver sich anzünden lassen, wenn auch gleich die Luft vorher so weit ausgepumpt worden, daß das Quecksilber in der torricellischen Röhre bis auf 14 oder 16 Zoll hinauf gestiegen: hingegen habe ich niemals eine Entzündung zu stande bringen können, wenn das Quecksilber bis 20 Zoll hinauf gestiegen war. Auf diese Art, deucht mir, erhält der Versuch in der Sache, die er beweisen soll, alle Gewißheit und entscheidende Gültigkeit, die man verlangen kann.

Ich habe ihn oft mit Bewunderung angesehen, und bin dadurch auf den Gedanken gerathen: dieser Versuch könnte wohl zu einen Einwurf wider einen gewissen von der Kraft des Pulvers angenommenen Satz Gelegenheit geben. Ehe ich aber jenen Entwurf anführe ist es nöthig zuförderst diesen Satz, so wie er behauptet wird, zu erläutern.

Es ist bekannt, daß man die mächtige Kraft des Schieß-Pulvers nicht nur der durch die schleunige Entzündung ausgedähnten, sondern auch der in den innern Bestand-Theilen des Salpeters verschlossenen Luft zuschreibet. Die Sätze: daß die Masse von Luft welche der Salpeter in sich enthält, der sich unter einer Menge von Schieß-Pulver befindet, die einen Cubic-Zoll Raum einnimmt, daß diese Masse von Luft, sage ich, so viel betrage als 244 Zoll derjenigen Luft, in welcher wir leben: und daß also die in dem Salpeter eingeschlossene Luft 244 mahl dichter sey, als die gemeine Luft, diese Sätze haben beynahe schon das völlige Ansehen einer unstreitigen Richtigkeit erhalten, und sie gründen sich auch auf Versuchen die keinen Zweifel übrig lassen. Man entledige den Recipienten so weit von Luft, daß das Queck-Silber in der torricellischen Röhre bis auf 14 oder 16 Zoll hinauf steiget, und zünde alsdenn nur so viel Pulver unter den Recipienten an, als auf einer kleinen Messer-Spitze Raum hat; so wird man finden daß das Quecksilber sogleich nach der Entzündung um einige Linien herab gefallen sey, welches, wenn sich sonst die Luft-Pumpe in einem guten Zustande befindet, ein untrüglicher Beweiß ist, daß durch die Entzündung Luft unter den Recipienten gekom-

gekommen sey: und es läßt sich hernach leicht beweisen, daß diese nicht aus den Kohlen, auch nicht aus dem Schwefel; sondern aus dem Salpeter des Schieß-Pulvers gekommen seyn könne. Wenn man nun die Weite der Cylinder der Luft-Pumpe, den Raum durch welchen sich der Kolben in ihnen beweget, und die daher entstehende Verdünnung der Luft nach Maaßgebung des räumlichen Inhalts des Recipienten genau in Anschlag bringet, und dabey bemerket, um wie viel das Queckſilber, gleich nach dem ersten Zuge, in der torricellischen Röhre hinauf steige; so wird man aus der Menge des Schieß-Pulvers, das unter den Recipienten angezündet worden, und aus der Bemerkung des Raums, durch welchen das Quecksilber herabgefallen, die Menge der Luft leicht bestimmen können, die bey der Entzündung aus dem Pulver hervor gebrochen: und auf diese Art wird man sich durch die Rechnung leicht versichern können, daß obige Angabe von 244 Cubic-Zoll Luft, die aus einem Cubic-Zoll Pulver hervorbreche, von der Wahrheit sehr wenig abweiche. Und dieser Umstand ist von solcher Wichtigkeit, daß ohne dessen Zuziehung keine Bestimmung der Grösse derjenigen Kraft, die das Schieß-Pulver beweiset, möglich ist: ob er gleich auch an und vor sich dazu nicht hinreichet, weil auch ausserdem die in einer gegebenen Ladung zwischen den Körnern des Pulvers vorhandene gemeine Luft durch die Entzündung heftig ausgedähnet, und dadurch die Kraft des Pulvers gar sehr vermehret wird.

Die Berechnung der Grösse dieser Kraft in besonderen Fällen ist bis jetzt noch nicht zur Richtigkeit gekommen, und grossen Schwierigkeiten unterworffen:

Ich will nach Anleitung des bisher gemeldeten einen Vorschlag versuchen, welcher vielleicht zur Hebung dieser Schwierigkeiten etwas beytragen oder doch wenigstens zu weitern Nachdenken Gelegenheit geben wird.

Wenn man annimmt: daß in einem Geschütze die ganze Ladung auf einmal entzündet und die Kugel durch die gesammte Kraft derselben als durch einen Stoß in Bewegung gesetzet werde; so ist die Frage: wie groß dieser Stoß sey? Meines Erachtens läßt sich die ganze Kraft dieses Stosses in drey besondere Kräfte zergliedern.

Die erste Kraft ist diejenige, mit welcher die aus dem Pulver der Ladung hervorbrechende Luft vermöge ihrer Ausdähnung, die sie an und vor sich schon hat, gegen die Kugel würket, und diese läßt sich finden. Die ausdähnende Kraft der gemeinen Luft gegen die größte Circul-Fläche einer Kugel von gegebenen Caliber gleichet der Schwere einer Wasser-Säule, deren Grund-Fläche der gedachten Circul-Fläche gleich ist, und deren Höhe 32 Rheinländische Fuß beträgt. Ist der Caliber der Canonen-Kugel gegeben; so wird die Schwere dieser Wasser-Säule leicht gefunden: man nehme sie 244 mahl; so hat man diejenige Kraft, mit welcher die aus dem Pulver der Ladung hervorbrechende Luft an und vor sich gegen die Kugel würkt, und dieses wäre also die erste Kraft des Stosses.

Die zwote Kraft ist diejenige Ausdähnung, welche eben dieser Luft noch überdem durch die Entzündung des Schieß-Pulvers beygebracht wird, und wie groß ist diese ausdähnende Kraft bey einer gegebenen Menge

und

und Dichtigkeit der Luft und bey einer gegebenen Ladung? Um diese Frage zu beantworten muß die Ladung an Pulver in Cubic-Zollen bestimmt werden, und alsdenn wird sich finden lassen, wie viel Luft aus der ganzen Ladung hervorbreche, weil man weiß, daß ein Cubic-Zoll Pulver 244 Cubic-Zoll dieser Luft von sich giebt. Da sich nun die Dichtigkeit der Luft bey einerley Räumen verhält, wie ihre Menge; so wird man auf diese Art auch die Dichtigkeit der gesammten aus dem Pulver hervorbrechenden Luft gefunden haben. Man suche also ferner: wie stark eine gegebene Menge gemeiner Luft durch eine bekannte Menge angezündeten Pulvers ausgedähnet werde? Dazu wird ein Versuch nöthig seyn, der sich, wie ich dafür halte, am füglichsten unter den Wirbel-Recipienten bewerkstelligen läßt. Man befestige in der obern Oefnung desselben eine oben und unten offene Baromether-Röhre, und fülle das untere offen und unter den Recipienten befindliche Gefäß derselben bis zur Hälfte mit Quecksilber an. Man lege eine bekannte geringe Menge Schieß-Pulver unter diesen Recipienten, und zünde dasselbe vermittelst eines Brenn-Glases an, nachdem man vorher den Recipienten auf nassen Leder wohl befestiget, daß er durch den Stoß der Entzündung nicht gehoben werden könne: man bemerke sorgfältig diejenige Höhe zu welcher das Quecksilber durch den ersten Stoß hinauf getrieben wird. Aus dieser Höhe wird man die Stärke der Ausdähnung gemeiner Luft durch die Entzündung des Schieß-Pulvers vermittelst bekannter Rechnungen finden können. Nun verhält sich diese ausdähnende Kraft zu derjenigen, welche die aus der Ladung hervorbrechende Luft durch die Entzündung des Pulvers be-

kommt, wie das Product aus der unter den Recipienten befindlichen Luft und der unter demselben angezündeten Menge Pulvers zu dem Product aus der gegebenen Ladung und der aus ihr hervorbrechenden Luft, deren Dichtigkeit durch die Menge ihrer Masse ausgedruckt wird. Da nun das erste Product als bekannt angesehen werden kann, und das zweyte gleichfalls, weil beyde leicht zu finden sind: die Ausdähnung der Luft unter den Recipienten aber, als das dritte Glied dieser Proportion, aus dem Versuche gefunden worden; so wäre auf diese Art auch die zwote Kraft des gesuchten Stosses gefunden.

Die dritte Kraft ist die Ausdähnung der zwischen den Körnern des Pulvers in einer gegebenen Ladung vorhandenen gemeinen Luft. Diese würde sich gleichfalls aus obigen Versuche finden lassen. Denn die unter den Recipienten bemerkte Ausdähnung der Luft verhält sich zu dieser dritten Kraft, wie das Product aus der unter den Recipienten befindlichen Luft und der unter denselben angezündeten Masse Schieß-Pulvers zu dem Producte aus der gegebenen Ladung und der zwischen ihren Körnern vorhandenen gemeinen Luft. Das erste Product ist schon vorhin gefunden: das zweyte Product ist leicht zu bestimmen, da die Ladung gegeben, und die Menge der zwischen ihren Körnern befindlichen gemeinen Luft auf mehr als eine Art zu finden ist. Das dritte Glied in dieser Proportion ist die durch den Versuch schon vorhin bestimmte Ausdähnung. Also wäre auch der dritte Theil der Kraft des ganzen Stosses gefunden.

Da nun diese drey Kräfte in dem Stosse, den die Kugel empfängt, zugleich würken und zwar eine jede derselben

derselben an und vor sich, so würde man den ganzen Stoß als eine aus ihnen zusammen gesetzte Summe anzusehen haben. Um einigen Einwürfen gegen dieses Verfahren, die ich vorher sehe, zu begegnen, will ich noch einige Anmerkungen hinzufügen.

1. Die erste und zwote Kraft sind würklich vorhanden und verschieden wie man leicht einsiehet: und obgleich die vermittelst der Entzündung aus dem Pulver hervorbrechende Luft sogleich die zwote Kraft gewinnet; so würket sie dennoch auch vermittelst der ersten, die sie an und vor sich schon besitzet. Da nun beyde Kräfte einander keinesweges entgegen gesetzet sind, und also auch einander nicht aufheben; so müssen sie auch beyde als zwo verschiedene und gegenwärtige Kräfte in Anschlag gebracht werden.

2. Bey dem vorgeschlagenen und vermittelst des Wirbel-Recipienten zu bewerkstelligenden Versuche bricht zwar auch aus dem angezündeten Pulver Luft hervor, daher das Steigen des Quecksilbers der unter den Recipienten durch die Entzündung ausgedähnten gemeinen Luft allein nicht zugeschrieben werden kann: dieser Umstand wird aber keine erhebliche Unrichtigkeit in die Rechnung bringen können, weil durch ihn die Wahrheit der angeführten Verhältnisse nicht umgestossen wird, und man überdem bey diesem Versuche sehr wenig Pulver gebrauchen muß.

3. Der auf diese Art gefundene Stoß ist nicht derjenige, den eine Canonen-Kugel würklich empfänget;

get; sondern nur der, den sie empfangen würde, wenn alles Pulver der Ladung auf einmal entzündet würde, und davon ist auch hier nur die Rede.

Die Prüfung und die Anwendung dieses Vorschlages überlasse ich indessen denen, die dazu Gelegenheit haben.

Wie dem allen auch sey; so ist es doch zu bewundern, daß in einem Luftleeren Raume keine aus dem Pulver hervor brechende Luft zu spüren ist: ob gleich das Pulver so zerschmolzen wird, daß Schwefel und Salpeter unter einander fliessen, und folglich durch die Hitze aller Zusammenhang der Bestand-Theile des Salpeters aufgehoben wird. Denn ich habe nie gefunden daß das Queckſilber in der torricellischen Röhre merklich gesunken wäre, wenn gleich das Schieß-Pulver durch die Hitze der Sonnen-Strahlen eine geraume Zeit fliessend erhalten worden. Aber vielleicht ist dieser Grad der Hitze nicht hinreichend die Luft aus dem Salpeter heraus zu locken, und vielleicht ist die letztere nicht vermögend aus denen Bestand-Theilen des Salpeters, in welchen sie in dem Zustande einer so starken Zusammendruckung aufbehalten wird, hervor zu brechen, wenn diese nicht durch die heftige Flamme selbst zerstöret werden. Denn der Zusammenhang der Bestand-Theile solcher Materien, in deren Inneren eine so grosse Menge von Luft enthalten ist, hat mit der Festigkeit derjenigen verborgenen Behältnisse, in welchen diese Luft auf eine so unbegreifliche Art verschlossen gehalten wird, nichts zu schaffen. Das Wasser ist eine der flüßigsten Materien, und der Zusammenhang

seiner

seiner Theile ist also sehr schwach: dennoch tritt die in dessen Zwischen-Räume verborgene Luft nicht eher aus demselben hervor, als bis die äussere Luft hinweggeschaft oder wenigstens sehr verdünnet wird. Wie schwach ist der Zusammenhang der Bestand-Theile des Obsts von allerley Arten! dennoch tritt die in demselben verborgene ungeheure Menge von Luft nicht ehe hervor, bis die Luft aus einem Compreßions-Recipienten hinweg geschaft, und das in denselben hinein gelegte Obst einige Tage lang in Gährung gewesen, und die Bestand-Theile desselben dadurch aufgelöset und zerstöret worden. Das alles sind lauter verborgene und ganz sonderbare Veränderungen der Materie solcher Körper, und die dadurch aus ihnen hervorgebrachte Menge von Luft und deren Würkungen können ohne Erstaunen nicht betrachtet werden. Indessen verhält sich doch nun die Sache so, und die gemeldeten Erfahrungen lassen keinen Zweifel daran übrig. Da die Natur also keinen andern Weg, um die in dem Innern der Körper verborgene Luft heraus zu locken, verstattet, als die Zerstörung oder gänzliche Auflösung der Theile solcher Körper; so ist es nicht zu bewundern, daß das durch die Hitze fliessend gemachte Schieß-Pulver keine Luft von sich giebt.

Ehe ich diese Betrachtungen einiger im Luftleeren Raum vorkommenden Erscheinungen beschliesse, muß ich noch eines besondern hieher gehörigen Versuchs gedenken, der vielleicht nicht unerheblich befunden werden wird. Es ist bekannt, daß wenn man ein Glaß voll Wasser unter den Recipienten setzt, und die Luft auspumpt, es gar bald in die Augen falle, daß die in und unter dem Wasser verschlossene Luft mit der äussern in

der

der genauesten Verbindung stehe: beyde befinden sich in einer fortwärenden Würkung und Gegenwürkung auf einander, ohne daß das dazwischen vorhandene Wasser die Würkungen dieser gegen einander beständig angestrengten Kräfte aufheben könnte. So bald die äussere Luft die geringste Veränderung in ihren würkenden Kräften leidet, und ihre Schwere oder ausdähnende Kraft verringert wird, sobald erfolget darauf eine der Grösse dieser Veränderungen gemässe Würkung auf die in und unter dem Wasser vorhandene Luft, die sogleich auf den ersten Zug der Luft-Pumpe aus ihren verborgenen Behältnissen hervortritt, und sich in einer zahlreichen Menge von Blasen, die in dem Verhältnisse, in welchem die äussere Luft verdünnet wird, an Grösse zu nehmen, zeiget. Eine fest zugebundene Lamm-Blase, in welcher ein wenig Luft gelassen, und die mit einem Gewichte beschweret wird, damit sie in Wasser untersinke, dähnet sich sogleich aus, und hebet sich mit ihrem Gewichte, sobald die Luft unter dem Wasser verdünnet wird. Also druckt die Luft vermittelst des ganzen Gewichtes ihrer Schwere, oder, welches hier gleichgültig ist, vermittelst ihrer ausdähnenden Kraft auf das Wasser, und erhält dadurch die unter den Wasser vorhandene Luft in dem Zustande einer starken Zusammendruckung, an welcher auch sogar die aufs allerfeinste aufgelösete und zwischen die Bestand-Theile des Wassers versteckte Luft Theil nimmt. Auch diejenige Luft, die in den Zwischen-Räumen eines Körpers, der sich unter den Wasser befindet, verborgen ist, wird mit einer Kraft zusammen gedruckt, deren Grösse sich nach der Grösse des Drucks der äussern Luft und nach der Höhe des über ihn stehenden Wassers zu-

sammen genommen richtet. So bald die äussere Luft verdünnet und dadurch entweder ihre Schwere oder ihre ausdähnende Kraft vermindert wird; dähnet sich jene zusammen gedruckte Luft aus und tritt entweder aus den Zwischen-Räumen des Körpers hervor, um sich in dem Wasser aufwärts zu schwingen: oder sie vermehret den Umfang der Grösse des Körpers, wodurch die eigenthümliche Schwere desselben vermindert wird, und nöthiget ihn also sich zu heben, und in dieser Bewegung wird die Ausdähnung der im Körper verschlossenen Luft in dem Masse zunehmen, in welchem die äussere Luft verdünnet wird, und die Höhe des über ihn stehenden Wassers abnimmt: oder dafern auch dieses Heben des Körpers selbst nicht statt finden solte; so werden in der Masse desselben Veränderungen erfolgen, die der Grösse der ausdähnenden Kraft gemäß sind, welche die in seinem Zwischen-Raume verschlossene Luft beweiset, wenn sie auf die gemeldete Art in Würksamkeit gesetzet wird.

Alle diese Sätze sind wichtig und zur Erklärung verschiedener Begebenheiten sehr brauchbar: und sie werden auch vermittelst einer richtigen Anwendung auf die Begebenheiten der Sündfluth, so wie sie in der heiligen Schrift beschrieben werden, sehr gute Dienste thun. Denn daß damals in den Kräften der über der Erde stehenden Luft eine sehr grosse Veränderung vorgegangen sey, wird durch die Bemerkung eines gedoppelten Umstandes begreiflich.

Zuförderst muß der Luft-Creiß bey dem Entstehen des ungewöhnlichen Regens, dessen die heilige Schrift bey dieser Gelegenheit gedenket, sehr leicht gewor-

geworden seyn, und durch den 40 Tage lang anhaltenden Fortgang desselben wurde er würklich einer unendlichen Menge wässerigter Dünste entlediget. Es ist bekannt und unläugbar, daß die Schwere dieser Dünste, wenn sie sich in der Luft befinden und von derselben getragen werden, mit der Schwere der Luft gemeinschaftlich würke, und daß beyden zusammen genommen der Druck der äussern Luft beygemessen werden müsse. Durch den gedachten Regen fiel also ein grosser Theil der Schwere des Luft-Creises und seines daher rührenden Drucks gegen die Ober-Fläche der Erde weg. An dieser Veränderung nahm die in dem Innern der Erde verschlossene Luft keinen Antheil, und ihre ausdähnende Kraft blieb so groß als diejenige womit sie, ehe dieser Regen sich anhub, von der äussern Luft zusammen gedruckt wurde. Vermöge dieser Kraft konnte sie also eine der Grösse derselben gemässe Würkung gegen die in dem Innern der Erde vorhandenen Gewässer oder gegen die **Brunnen der grossen Tiefe** beweisen und sie nöthigen sich auf der Ober-Fläche der Erde zu ergiessen. Dadurch wurde die von dem Regen angefangene Ueberschwemmung vermehret und allgemeiner, so daß eine Bedeckung der Ober-Fläche der Erde mit Wasser erfolgen konnte.

Sodann wurde der Luft-Creyß durch diese Erhöhung der Gewässer von der Ober-Fläche der Erde entfernet und genöthiget sich in einem weitern Umfange über derselben auszubreiten, weil ein grosser Theil des Raums, den er vorher über der Erde eingenommen, nunmehro durch die Gewässer ausgefüllet

gefüllet wurde. Hat er nun bey dieser Veränderung seiner Lage über der Erde die Höhe behalten, die er vorher hatte; so ist die Luft ganz ausserordentlich verdünnet worden: denn sie mußte nun einen Raum, der zwar mit dem vorigen von gleicher Höhe aber von viel grösseren Umfange war, ausfüllen. Ist die Luft aber nicht auf diese Art verdünnet worden; sondern in dem vorigen Grade der Dichtigkeit über der Erde ausgebreitet geblieben; so hat sie eben dadurch, weil sie nun einen grössern Creiß ausfüllen mußte, einen sehr grossen Abgang an ihrer Höhe erlitten. Da sich nun der Druck der flüßigen Körper nach ihrer Höhe richtet; so hat die Luft auch in diesem Falle einen sehr grossen Theil ihres vorigen Drucks gegen die Ober-Fläche der Erde verlohren.

In beyden Fällen ist also die Würkung der äussern Luft gegen die Ober-Fläche der Erde sehr vermindert und dadurch das Uebergewicht der in dem Innern der Erde verborgenen Luft, die, wie gesagt, an allen diesen Veränderungen keinen Antheil genommen, sehr vermehret worden. Die Würkung davon hat die Brunnen der grossen Tiefe betroffen und muß der ganz begreiflichen Grösse dieses Ueber-Gewichts gemäß gewesen seyn.

Man kann unter den Brunnen der grossen Tiefe die unter der Ober-Fläche der Erde vorhandenen Gewölber und die Gewässer, die sie enthalten, verstehen. Da nun der Durchmesser der Erde ohngefähr 1720 deutsche Meilen beträgt; so kann man sich leicht eine Ründe um die ganze Erde herum von einigen Meilen in der

Dicke gedenken, die mit einer so grossen Anzahl dieser Gewölber versehen ist, welche hinreichend war einen so grossen Vorrath von Gewässern zu enthalten, der erfordert wurde, um mit Beyhülfe des 40 tägigen Regens die Ober-Fläche der Erde auf eine deutsche Meile hoch unter Wasser zu setzen. Daher ist es ein ganz unnöthiges und unbefugtes Unternehmen, wenn man diesen Vorrath von Gewässern durch unwahrscheinliche Hypothesen und wider die Anweisungen der heiligen Schrift anders woher zu holen sucht.

Ich sehe aber einen Einwurf von grosser Erheblichkeit, der gegen diesen allgemeinen und kurzen Entwurf einer Erklärung der Begebenheiten der Sündfluth, so wie sie in der heil. Schrift beschrieben sind, gemacht werden kann: die Luft kann vermöge ihres gewöhnlichen Drucks, der über der Ober-Fläche der Erde statt findet, das Wasser nur 32 Fuß hoch heben, und es ist nicht wahrscheinlich daß der Druck der in der Erde vorhandenen Luft viel grösser sey: wenn man also auch annehmen wolte, welches doch nicht war, daß die äussere Luft damals gänzlich sey vernichtet worden; so würde doch auch alsdenn die Kraft der in der Erde verborgenen Luft keine grössere Erhöhung der Gewässer über der Erde, als die von 32 Fuß, haben bewürken können! Dieser Einwurf ist sehr wichtig und gegründet: allein ich antworte darauf: es giebt gleichwol Fälle, in welchen die in dem Innern der Körper verborgene Luft eine weit grössere Würkung hervorbringen kann, und man kann sich davon unter andern aus des berühmten **Robert Boyle** experimentis mechanico physicis belehren, daß sie das Quecksilber in der

torri-

torricellischen Röhre bis zu einer Höhe von 138 Zoll hinauf getrieben, welches fünfmal so viel ist, als der gewöhnliche Druck der äussern Luft auszurichten vermag. Die in dem Salpeter und in einigen andern Körpern verschlossene Luft richtet noch weit mehr aus, wenn sie in Würksamkeit gesetzt wird, und man ist allerdings berechtiget sich bey einer schriftmäßigen Erklärung der Begebenheiten der Sündfluth auf diese würklich vorhandene Kraft der in dem Innern der Erde verborgenen Luft zu berufen, um eine mögliche und würkende Ursache, die die Brunnen der grossen Tiefe sich zu ergiessen genöthiget, zu finden: zumal da man in obigen Sätzen von der beständigen Würkung und Gegenwürkung der äussern und der in den Körpern verschlossenen Luft gegen einander eine Anleitung findet diejenige Veränderung begreifen zu können, die in der Materie der Erd-Masse bis zu einer ansehnlichen Tiefe vorgegangen seyn muß, da entweder die Schwere oder die Dichtigkeit der äussern Luft gleich im Anfange der Sündfluth einen so starken Abgang erlitten.

Da alle diese Sätze sich auf der genauen Verbindung der äussern und der in den Körpern verborgenen Luft mit einander gründen, die auch selbst durch das dazwischen kommende Wasser, womit die Körper bedeckt seyn können, nicht aufgehoben wird; so halte ich es der Mühe werth sie aus einigen Versuchen, die, ob ich sie gleich in einer andern Absicht gemacht, doch auch zu diesem Zwecke brauchbar sind, umständlicher und auf eine mehr einleuchtende Art darzuthun, damit Niemand auf die Gedanken gerathe, als ob diese Verbindung und deren Würkungen nur in einem mit Wasser

angefüllten und auf die Luft-Pumpe unter den Recipienten gesetzten Gefässe statt finden könnten. Es ist also die Frage: ob alle diese Würkungen der in und unter dem Wasser vorhandenen und in die Körper eingeschlossenen Luft auch alsdenn erfolgen werden, wenn die äussere Luft über einen grossen Gefässe oder Wasser-Behältnisse welches sich nicht so unter einen Recipienten auf die Luft-Pumpe stellen läßt, verdünnet wird? Diese Frage will ich durch die Beschreibung eines Versuchs, von dessen Erfolge verschiedenes hieher gehöret, beantworten.

Einen grossen gläsernen Cylinder, der beynahe einen Fuß im Durchmesser im Lichten, und dessen Höhe über 20 Zoll enthielt, in welchem also wenigstens zween Eimer Wasser Raum genug hatten, ließ ich mit einem meßingenen Boden versehen, und auf einem 2½ Fuß hohen Fuß-Gestelle befestigen. Um ihn vermittelst der Luft-Pumpe von Luft entledigen zu können, ließ ich einen gewölbten Deckel aus starken Meßing-Blech verfertigen, und eine 3 Fuß lange und ein drittel Zoll weite krumm gebogene meßingene Röhre auf den Scheitel desselben anlöthen: das andere in der Gestalt eines Trichters erweiterte Ende derselben konnte auf das Epistomium der Luft-Pumpe gesetzt werden. Der obere Rand des gläsernen Cylinders wurde gleichfalls mit einer meßingenen Einfassung versehen, auf welcher der gewölbte Deckel genau anschloß und noch überdem mit Unschlitt verwahret werden konnte. Vermittelst dieser Einrichtung ließ die Luft sich auch aus diesem sehr grossen Recipienten auspumpen, und viele Versuche im Luftleeren Raume konnten hier im Grossen

gemacht

gemacht werden. Ich will hier aber nur desjenigen gedenken, durch dessen Erfolg unter andern auch die bisher abgehandelten Sätze erläutert und bestätiget werden.

Ich ließ eine Kugel aus Meßing-Blech verfertigen, die 6 Zoll im Durchmesser hatte und eigentlich aus zwo Halb-Kugeln bestand, welche aber sehr genau an einander anschlossen. Um jeden Pol der Kugel herum befanden sich einige Oefnungen, durch welche das Wasser in die Kugel hinein und heraus treten konnte: an dem einen Pole aber war ein kleiner Ring angelöthet, woran Gewichte von einigen Pfunden gehänget werden konnten. Ich legte eine kleine zusammen gedruckte Blase, in deren Falten aber noch Luft übrig blieb, in die Kugel: den Cylinder ließ ich mit Wasser anfüllen: an die Kugel hieng ich zwey Pfund Gewichte, auch nach Befinden der Umstände mehr oder weniger, und ließ sie in den Cylinder hinab sinken, auf dessen Boden sie liegen blieb. Darauf befestigte ich den Deckel über den Cylinder, und pumpte die Luft über den Wasser hinweg. Die auf beyden Seiten offene und also mit Wasser angefüllte Kugel hub sich sogleich nach einigen Zügen und stieg mit einer ansehnlichen Geschwindigkeit aufwärts, oder schwebte im Wasser ohne Bewegung in einer grössern oder geringern Höhe über den Boden des Cylinders, so wie es die jedesmalige Einrichtung des Versuchs mit sich brachte, und die daran hangenden Gewichte bestimmten die Grösse der Kraft, womit sich die wenige in der Blase vorhandene Luft in einer so ansehnlichen Tiefe unter den Wasser ausdähnete.

Diesen Versuch machte ich um zu zeigen: wie sich die auf- und niederwärts gerichtete Bewegung der Fische im Wasser gar wol begreifen lassen, wenn man annimt, daß die Luft-Blase, womit sehr viele Arten derselben versehen sind, durch gewisse daran befestigte Musculn erweitert und zusammen gezogen werden könne. Denn da diese Bewegungen sich nicht allemal aus dem blossen Stosse der Floß-Federn, und aus der Richtung, welche die Bewegung ihres Körpers durch diesen Stoß bekommt, erklären lassen; so muß der Fisch die eigenthümliche Schwere seines Körpers vermehren können, wenn er sich in die Tiefe hinab, und vermindern, wenn er sich aus derselben herauf begeben will. Jenes kann durch die Zusammenziehung dieses durch die Erweiterung der Luft-Blase geschehen. Daß aber in beyden Fällen die gemeldete Bewegung erfolgen müsse, wird durch diesen Versuch dargethan. Er bestätiget aber auch überdem alle die Sätze, die ich vorhin angeführet, und man darf also kein Bedenken tragen sie zur Erklärung der Natur-Begebenheiten, die sich im Grossen eräugen, anzuwenden.



Der vierte Versuch.

Von dem Schalle und vom Sprach-Rohr.

Der Schall ist verschieden. Eine Art desselben wird durch zitternde Bewegungen gewisser Körper: eine andere Art durch ein schnell wiederholtes Anstossen der Luft, wenn sie sich durch enge Oefnungen beweget: und noch eine dritte Art durch einen die Luft erschütternden einfachen Stoß verursachet. Die erste Art nennt man einen klingenden, die andere einen pfeifenden Schall, und die dritte einen Knall. Die erste und zwote Art haben verschiedenes mit einander gemein und sind mehr in der Art ihres Entstehens, als ihrer wesentlichen Beschaffenheit nach, verschieden. Daher kann ein pfeifender Schall einen klingenden verursachen, wenn die Zitterungen desselben oder die durch ihn verursachten Erschütterungen der Luft einen Körper treffen, der gleichförmiger Zitterungen fähig ist. Der auf einen blasenden Instrumente angegebene Ton verursachet einen Klang derjenigen Sayte eines nahe stehenden Instrument, die vermöge ihrer freyen Spannung denselben Ton hat.

Also kann ein jeder pfeifender Schall in einem jeden andern Körper, der dessen fähig ist, Zitterungen hervorbringen, und wenn diese Zitterungen des fremden Körpers die Anstösse (Repercußionen) der erschütterten Luft, aus welchen der pfeifende Schall entstehet, ver-

mehren und sie durch einen grössern Umfang ausbreiten; so kann der Schall dadurch verstärkt werden.

Auf diese Art dienet das Sprach-Rohr zur Verstärkung des Schalls von der zwoten Art, denn es ist vermöge seiner Gestalt eine Erweiterung des Raums durch welchen dieser Schall seine Repercußionen ausbreitet, und dadurch zugleich die Seiten, die diesen Raum einschliessen, erschüttert. Das Sprach-Rohr selbst ist gewisser Zitterungen von bestimmter Geschwindigkeit fähig, und diejenige Stimme, deren Zitterungen mit den Zitterungen des Sprach-Rohrs einerley Geschwindigkeit haben, wird durch das Sprach-Rohr am meisten verstärkt. Wohleingerichtete Sprach-Röhre haben einen gewissen Ton, den man durch das Anschlagen an ihr weites Ende erforschen kann. In diesem Tone muß man die Stimme erheben, wenn ihr Schall durch das Sprach-Rohr sehr weit fortgepflanzet werden soll: je mehr die Stimme von diesem Tone abweichet, desto mehr wird dadurch die Verstärkung und Fortpflanzung derselben gehindert.

Ausserdem aber hanget auch bey dieser Verstärkung des Schalls sehr vieles von der Einrichtung der Gestalt des Sprach-Rohrs ab, und in Ansehung derselben giebt es, so viel ich weiß, drey Arten von Sprach-Rohren. Die eine Art ist Kegelförmig: die andere auch, aber dabey krumm gebogen, wie ein Post-Horn: die dritte Art ist mit einem elliptischen Gewölbe versehen, und wie Fig. 10. Tab. III. gestaltet. Zum Unterschiede will ich die erste Art das grade, die andere Art das krumm gebogene und die dritte Art das elliptische Sprach-Rohr nennen.

Der

Der Gebrauch des Sprach-Rohrs scheinet bis jetzt mehr zur blossen Befriedigung der Neu-Begierde, als zu einigen erheblichen Nutzen zu gereichen, und mir ist kein würklich vortheilhafter Gebrauch davon bekannt ausser dem, den die See-Fahrer davon machen, wenn sie andern in einer beträchtlichen Weite vorüber seegelnden Schiffen zurufen. Solte nun sonst kein erheblicher Gebrauch desselben statt finden; so muß man es bloß als eine Erfindung ansehen, die zur Bestätigung einiger Grund-Sätze in der Lehre vom Schalle und dessen Fortpflanzung dienet, und in sofern ist es eine Erfindung von Erheblichkeit, die Aufmerksamkeit verdienet, und es also werth ist, daß ich derselben hier gedenke: ob ich gleich auch ausserdem dafür halte, daß in gewissen Fällen ein sehr vortheilhafter Gebrauch davon gemacht werden könnte: allein das ist uns hier gleichgültig.

Da ich der verschiedenen Einrichtungen des Sprach-Rohrs schon vorhin Erwähnung gethan; so ist nun nöthig auszumachen: welche von ihnen die beste sey? Das wird sich aber, weil die eigentliche Theorie von der Ausbreitung des Schalls noch ziemlich unbekannt ist, bloß aus Grund-Sätzen schwerlich entscheiden lassen: also muß die Erfahrung den Ausspruch thun und dazu wird erfordert, daß man die Sprach-Rohre von verschiedenen Einrichtungen beysammen habe: alsdenn kommt es darauf an, welche Einrichtung des Sprach-Rohrs den Schall am weitesten ausbreitet und ihn dabey so deutlich und vernemlich läßt, daß man das, was durchs Sprach-Rohr gesprochen wird, verstehen kann! Das wird

dann die Regul seyn, nach welcher die Güte einer jeden Einrichtung beurtheilet werden muß.

Vermöge dieser Regul ist es nicht genug eine Einrichtung des Sprach-Rohrs anzugeben, die den Schall nur schlechterdings verstärket: denn sie kann ihn auf eine solche Art verstärken, daß er dadurch zugleich undeutlich und unvernemlich wird. Dergleichen Sprach-Rohre sind aber in der That unbrauchbar, so groß auch die Verstärkung des Schalls, die sie gewähren, seyn mag: und es gehöret eine vorzügliche Einsicht in diese Sachen dazu ein Sprach-Rohr so einzurichten, daß es bey der grössesten Verstärkung die Articulation der Stimme, und die Modificationen, die sie durch die Werk-Zeuge der Sprache bekommt, deutlich lasse, so daß man den Laut der Buchstaben, Sylben und Worte von einander unterscheiden und also das gesprochene verstehen könne.

Wie wird nun das Sprach-Rohr eingerichtet seyn müssen, wenn es nach dieser Regul vollkommen seyn soll? und wie weit wird sich alsdenn die Würkung desselben ausbreiten? Zur Beantwortung der ersten Frage können folgende Säße einige Dienste thun: Man stelle sich den Schall als Strahlen oder als grade Linien vor, die sich von dem Munde, als von einem gewissen Punkte nach verschiedenen Richtungen ausbreiten: wenn diese Strahlen in das Sprach-Rohr hinein fahren; so erschüttern sie die Theile desselben, und daher entstehet, wie ich vorhin gesagt, die Verstärkung des Schalls. Man sehe also dahin, zuförderst, daß diese Erschütterungen möglichst lebhaft seyn mögen; sodann, daß die Strahlen des Schalls nicht

unordent-

unordentlich und verwirrt unter einander durchfahren. Beydes hanget von der Gestalt des Sprach-Rohrs ab, und das erstere wird den Schall verstärken, das letztere aber würde ihn undeutlich und unverständlich machen: wenn es aber vermieden wird; so wird das Sprach-Rohr Vorzüge erhalten.

Man kann es diesen Sätzen schon abmerken, daß sie dem krumm gebogenen Sprach-Rohre das Urtel sprechen. Diese Art der Einrichtung hat besondere Eigenschaften: vermöge ihrer Gestalt verursacht sie viele Zurückprallungen der Strahlen gegen die inwendigen Seiten, und das giebt starke Erschütterungen. Daher wird der Schall durch dasselbe mehr verstärkt, als durch ein Sprach-Rohr von irgend einer andern Art: weil die Strahlen aber verwirrt unter einander durchfahren, so wird die Sprache dadurch unverständlich, und das krumm gebogene Sprach-Rohr ist also zwar von lauter Stimme aber von undeutlicher Sprache. Das grade Kegelförmige Sprach-Rohr vermeidet diese Verwirrung der Strahlen, giebt aber auch schwache Erschütterungen und daher auch eine geringe Verstärkung. Das elliptische Sprach-Rohr hat grosse Vorzüge: wie es aber dazu komme, will ich jetzt durch die Theorie nicht ausmachen, weil sie weitläuftig zu seyn scheinet, und mir auch würklich noch ziemlich dunkel ist: ich will sie also, weil ich mich doch nur verbündlich gemacht habe Versuche zu beschreiben, durch die Erfahrung darthun.

Die zwote der vorhin aufgeworfenen Fragen, welche die Weite betrift, durch die sich die Würkung

des

des Sprach-Rohrs ausbreitet, kann schlechterdings nur durch die Erfahrung beantwortet werden, und weil sie die erheblichste in Ansehung dieser Sachen ist; so habe ich es der Mühe werth geachtet einige dazu erforderliche Versuche zu machen, zumal da meines wissens vor mir noch Niemand etwas davon gemeldet hat.

Ich habe Sprach-Rohre von allen drey Arten bey der Hand gehabt. Das grade Sprach-Rohr war 4 Fuß lang, das Mund-Stück desselben hatte $\frac{5}{4}$ Zoll im Durchmesser, und der Durchmesser der weitesten Oefnung betrug einen Fuß. Das krumm gebogene Sprach-Rohr war auch 4 Fuß lang, der Durchmesser des Mund-Stücks $\frac{5}{4}$ Zoll, und der Durchmesser der weitesten Oefnung 18 Zoll. Das elliptische Sprach-Rohr verdienet eine umständliche Beschreibung. Der Erfinder desselben ist ein Franzose, dessen Name mir aber unbekannt ist. Die Erfindung selbst bestehet in folgender Einrichtung. Die Röhre des Mund Stücks mx. Tab. III. Fig. 10. ist einen Zoll lang, und hat $\frac{5}{4}$ Zoll im Durchmesser, und ist durchgehends gleich weit, sie schliesset sich an ein gedoppeltes elliptisches Gewölbe ac: beyde Gewölber sind durch einen blechernen einen Zoll breiten Streifen, der gleichfalls elliptisch gebogen ist, mit einander verbunden. Die grosse Axe vx ist 8 Zoll lang und die kleine ac 4 Zoll. Darauf folget wieder eine cylindrische Röhre vn von derselben Weite und Länge, welche die erstere hat. Diese Röhre schliesset sich an die Oefnung eines abgekürzten Kegels, dessen grössester Durchmesser ed einen Fuß beträgt, und dieser wiederum an einen andern abgekürzten Kegel, dessen grössester Durchmesser ST 2 Fuß enthält. Die

Höhe

Höhe des ganzen Sprach-Rohrs ist 4 Fuß, und zwar m x einen Zoll, v x 8 Zoll, v n einen Zoll, n o 6 Zoll, o P 2 Fuß 8 Zoll.

Nun wolte ich wissen, welche von diesen drey Arten in der grössesten Weite brauchbar, und wie groß diese Weite sey? Daher ließ ich sie alle drey auf einen Thurn bringen, dessen Höhe da, wo ich die Sprach-Rohre auf die Probe stellte 60 bis 70 Fuß betrug, und von der man unmittelbar ins freye und ebene Feld rufen und sehen konnte. Bey stiller Witterung und heitern Himmel bestellte ich vier Personen im Felde an einem Orte der von besagten Thurnen 800 Schritt entfernet war, und ließ einem nach den andern bald durch das eine bald durch das andere Sprach-Rohr von einer starken Stimme mit Benennung ihres Namens zurufen: ob sie vorwärts oder rückwärts, zur Linken oder zur Rechten und wie viel Schritte sie gehen solten! Das setzte ich so lange fort, bis sie an einem Ort hinkamen, der 2000 Schritte von mehr erwähnten Thurme entfernet war, so daß man sich eines Fern-Glases bedienen mußte um gedachte vier Personen von einander unterscheiden zu können. Von da an hörte das krumm gebogene Sprach-Rohr auf vernemlich zu lauten, wurde aber noch sehr stark gehöret. In einer Weite von 2400 Schritten verlohr sich der Schall des graden Sprach-Rohrs gänzlich, blieb aber bis dahin vernemlich. Das elliptische Sprach-Rohr wurde bis beynahe 3000 Schritt weit gehöret und deutlich verstanden. Das krumm gebogene Sprach-Rohr brüllte noch über 3000 Schritt hinaus, aber alles unvernemlich.

Man

Man siehet hieraus welch einen Vorzug das elliptische Sprach-Rohr habe, und ich habe gute Gründe zu vermuthen, daß derselbe um ein grosses vermehret werden würde, wenn man das Sprach-Rohr aus Meßing-Blech verfertigen liesse. Dasjenige, dessen ich mich bediente war aus Eisen-Blech gemacht: man weiß es aber, daß Meßing der Zitterungen des Schalls und des Klangs fähiger ist, als Eisen, folglich wird auch ein Sprach-Rohr von Meßing eine grössere Verstärkung des Schalls gewähren. Denn diese Verstärkung gründet sich darauf, daß die Zitterungen des Schalls dem Sprach-Rohre beygebracht werden, und das muß nach oben gemeldeter Regul geschehen, und das Sprach-Rohr solcher Zitterungen in einem ansehnlichen Grade fähig seyn: alsdenn vereiniget dasselbe seine Zitterungen mit den Zitterungen der Stimme, und der Schall wird dadurch um so viel stärker, je grösser der Umfang derjenigen Fläche ist, durch deren Zitterungen die Luft erschüttert wird: allein eben dazu wird erfordert, daß diese Fläche auch gut zittern könne, und das kann sie ohnstreitig besser, wenn sie aus Meßing, als wenn sie aus Eisen-Blech verfertiget ist. Ueberdem ist es der Würkung des Sprach-Rohrs sehr nachtheilig, daß dasselbe, wenn es aus Eisen-Blech bestehet, mit einem Firniß überzogen werden muß, damit es nicht durch den Rost beschädiget werde. Daß dieser Firniß die Zitterungen sehr hindere, ist leicht zu begreifen, und es ist also überhaupt ein Vorzug aller meßingenen Sprach-Rohre, daß sie dieses Verwahrungs-Mittels nicht bedürfen.

Ich halte auch dafür daß dasjenige, was ich von der Gestalt des elliptischen Sprach-Rohrs angeführet habe

habe nicht als ein Gesetz anzusehen sey, nach welchen man sich bey dessen Verfertigung schlechterdings richten müsse, wenn man ein elliptisches Sprach-Rohr von derjenigen Güte haben will, deren dasselbe fähig ist: vielmehr wird durch eine Veränderung der Grösse und des Verhältnisses einiger seiner Theile eine ansehnliche Verbesserung geschaft werden können. Das oben beschriebene elliptische Gewölbe scheinet mir sehr klein zu seyn, und eine Vergrösserung desselben würde vielleicht die Würkung des Sprach-Rohrs verstärken: auch müßte das Gewölbe meiner Meinung nach, nicht aus zwo abgekürzten elliptischen Halb-Kugeln, die durch einen breiten Streifen mit einander verbunden sind, bestehen; sondern eine elliptische After-Kugel seyn, deren grosse Axe einen Theil von der Axe des ganzen Sprach-Rohrs ausmacht. Obgleich das elliptische Sprach-Rohr, dessen ich mich bey diesen Versuchen bedienet, viel deutlicher lautete, als die beyden andern Arten; so ist doch zu vermuthen, daß auch die Deutlichkeit desselben einen Zuwachs bekommen werde, wenn man die enge Röhre v n gar wegläßt, und dagegen das elliptische Gewölbe mit dem darauf folgenden abgekürzten Kegel unmittelbar verbindet, so daß dessen Spitze, wenn man ihn bis dahin ergänzen wolte, bis in den nächsten Brenn-Punkt des Gewölbes reichte.

Beym Gebrauch muß das Sprach-Rohr nicht aufliegen, weil dieses die Erschütterungen desselben verhindert; sondern an einen Faden aufgehangen werden, dessen Richtung wenn die Axe des Sprach-Rohrs waagerecht gerichtet ist, durch den Mittel-Punkt der Schwere desselben gehet.

Ein

Ein jedes Sprach-Rohr ist in demselben Grade, in welchem es die Eigenschaften eines guten Sprach-Rohrs besitzet, auch ein gutes Hör-Rohr. Man kann sich davon versichern, wenn man das gewöhnliche Mund-Stücke abnimt, und das Ohr nahe an die enge Oefnung legt. Eine Unterredung, die in freyer Luft mit mittelmäßiger Stimme geschiehet, läßt sich vermittelst dieses Hör-Rohrs in einer Entfernung von 60 bis 80 Schritten gar wohl vernehmen, wenn sonst kein anderes Geräusch in der Luft ist. Die schwächste Zitterung die durch allerley Arten des Schalls in der Luft hervorgebracht wird, ingleichen diejenige, welche sich durch einen sehr grossen Raum ausbreiten muß, und daher sehr vieles von ihrer Kraft verlieret, ehe sie bis zu unsern Ohr gelanget, so daß der Ueberrest auch das empfindlichste Gehör nicht zu erschüttern vermag, alle diese Zitterungen, sage ich, fasset das Hör-Rohr mit seiner weiten Oefnung auf und bringet sie in seiner engen Oefnung so, wie das Brenn-Glaß, die Sonnen-Strahlen, in einen engen Raum zusammen, wo sie das nahe angelegte Ohr mit verstärkter Kraft erschüttern. Wenn man dergleichen Versuche bey stillen Abenden macht, da die Luft von dem vielen Getöse, welches die Geschäfte des Tages verursachen, befreyet ist; so wird man vieles, was an weit entfernten Orten laut ist, hören können: und auch hierin unterscheiden sich die Vorzüge des elliptischen Sprach-Rohrs, welches theils der grossen Oefnung seines weiten Endes, theils der Einrichtung seiner ganzen Gestalt zugeschrieben werden muß.

Wenn der Schall in eine blecherne Röhre, die einen oder mehrere Zoll im Durchmesser hat und bis an hundert

hundert Fuß und drüber lang ist, hinein gerufen wird; so können sich die Erschütterungen, welche der in der Röhre verschlossenen Luft dadurch beygebracht werden, nicht ausbreiten, und eine so enge Röhre ist keiner Zitterungen, die mit den Zitterungen einer menschlichen Stimme einstimmig seyn könnten, fähig. Daher findet hier keine Verstärkung des Schalls statt: aber auch nicht diejenige Schwächung, die er alsdenn leidet, wenn er sich in freyer Luft durch einen grossen Raum ausbreitet: denn die dadurch hervor gebrachten Erschütterungen der Luft werden schwächer, je weiter sie sich ausbreiten. Dazu kommen viele und mannigfaltige anderweitige Erschütterungen, denen die freye Luft blos gestellet ist, und wodurch diejenigen, die ihr durch eine rufende Stimme beygebracht werden, gleichfalls in einem geringen Umfange des Raums einen merklichen Abgang an ihrer Stärke leiden. Das alles fällt weg, wenn der Schall, wie gesagt, in die gedachte Röhre hinein gerufen wird: wird er also gleich dadurch nicht verstärkt; so wird er doch auch in einem auf diese Art eingeschlossenen Raume nicht so sehr geschwächt, und folglich in demselben weiter, als in freyer Luft, fortgepflanzet werden können.

Mit dieser Art der Fortpflanzung des Schalls habe ich verschiedene Versuche gemacht, und daraus abgenommen, daß es sehr leicht sey zwey weit von einander entlegene Zimmer eines grossen Gebäudes durch verborgene Röhren dergestalt mit einander zu verbinden, daß zwischen denen in beyden befindlichen Personen eine Unterredung statt finden kann: und diese Unterredung kann so gar bis zu einer ziemlichen

Bequemlichkeit befördert werden. Es kommt hier nicht so wol darauf an: ob der Schall so weit fortgepflanzet werde? denn daran ist nicht zu zweifeln; sondern darauf: ob er bey dieser Art der Fortpflanzung vernemlich bleibe, so daß das gesprochene verstanden werden könne? und dazu ist ein dreyfacher Umstand sehr behülflich.

Zuförderst muß diejenige Mündung der Röhre, durch welche hinein gerufen wird, so weit seyn, daß sie den ganzen Umfang des hinein rufenden Mundes ungezwungen fassen kann, damit denen Erschütterungen der in der Röhre befindlichen Luft alle diejenigen Modificationen des Schalls, die er durch die Bewegung der Lippen bekommt, beygebracht werden können. Diese weite Mündung der Röhre kann in der Länge eines Fusses nach und nach abnehmen, und sich sodann an eine Röhre von einem Zoll im Durchmesser anschliessen, und in dieser Weite bis nach den entlegenen Zimmer fortgehen.

Sodann muß man die Beugungen und Winkel der fortlaufenden Röhre möglichst vermeiden. Zwey bis drey Winkel verursachen schon eine solche Verwirrung der Strahlen des Schalls, dadurch er merklich undeutlich und das gesprochene unverständlich wird.

Endlich muß der Ausgang der Röhre in dem entlegenen Zimmer sich so wie an einer Trompete erweitern: dadurch erhält der Schall noch zuletzt eine merkliche Verstärkung, zumal wenn dieser Ausgang aus der Mauer frey hervor stehet.

Ich

Ich habe diese Versuche zwischen zwey Zimmern gemacht, die in verschiedenen Stockwerken des Gebäudes lagen, und befunden daß alles, was in den weiten Ausgang der Röhre hinein geruffen wird, an der Mündung derselben gar wohl verstanden werden könne, und daß, wenn dieser weite Ausgang grade gegen die Mitte des Zimmers gerichtet ist, derjenige, der in dem entfernten Zimmer das Ohr an die Mündung der Röhre hält, sehr vieles von dem vernehmen könne, was in dem erstern Zimmer vorgehet.

Ob es auf diese Art möglich sey eine Bild-Säule redend zu machen, und ob die Priester der heidnischen Orakuln ihre Betrügereyen durch dieses Mittel bewerkstelliget, lasse ich hier an seinen Ort gestellet seyn. Ich habe die Versuche mit einer solchen Bild-Säule vielfältig gemacht, aber gefunden, daß durch sie die Würkung der auf die gemeldete Art angebrachten Röhre gar sehr geschwächt und die Stimme so unvernemlich werde, daß diejenigen die sich dadurch jemals betrügen lassen entweder sehr einfältig oder auf die Umstände sehr wenig aufmerksam gewesen seyn müssen. Wenn ja die Sprache der Bild Säule möglichst vernemlich lauten soll, so muß die Röhre nicht unten am Fusse, sondern hinten in dem Halse hinein gehen, und der Mund der Bild-Säule so weit, als es seyn kann, offen stehen: widrigenfalls wird der Schall, wenn er sich durch die Bild-Säule von unten hinauf, und sodann durch den Mund heraus bewegen soll, nicht nur sehr geschwächt; sondern auch sehr undeutlich werden.

Der Schall ist in allen seinen Arten nicht weniger, als die Empfindung desselben vermittelst der Werkzeuge des Gehörs, ein Geheimniß der Natur. Weil man insgemein dafür hält, daß der erste Eindruck, den er in das Gehör macht, das Trommel-Fell treffe, dadurch die Gehör-Beinlein in Bewegung gesetzt werden, so daß der Hammer, dessen Stiel an der Mitte des Trommel-Fells befestiget ist, auf den Amboß schlage und dadurch eine Drähnung verursache, welche die Gehör-Nerven erschüttert; so dachte ich dieser Umstand würde sich vielleicht durch Versuche ausmachen lassen: Ich ließ also von Blech eine Röhre in der Gestalt eines sehr vergrösserten Gehör-Gangs zubereiten, und das weite Ende derselben mit einer Blase überziehen, die, wenn sie straf gespannt war, die Stelle des Trommel-Fells vertreten konnte: an der Mitte desselben ließ ich einen metallnen Hammer, der nach der Gestalt des Gehör-Beinleins gebildet war, befestigen, und an statt des Amboßes bediente ich mich einer Glocke, um das Anschlagen des Hammers, wenn der Schall in den künstlichen Gehör-Gang hinein dringen würde, vernehmen zu können: allein diese Versuche fielen so zweydeutig aus, daß durch sie nichts entschieden wurde. Daher will ich mich bey diesen Sachen nicht länger aufhalten.



Der

Der fünfte Versuch.

Von dem Brenn-Spiegel, womit Archimedes die römische Flotte vor Siracus angezündet haben soll.

Verschiedene zur Natur-Lehre und Mathematik gehörige Erfindungen der Alten sind uns so unbekannt geworden, daß wir sie für unwarscheinlich, und dasjenige, was nach den Bericht einiger sonst glaubwürdiger Geschicht-Schreiber des Alterthums dadurch ausgerichtet seyn soll, für unmöglich erklären. Dergleichen Urteile rühren aber von Uebereilung und Vermessenheit her, womit wir bisweilen über die Anstalten und Einrichtungen der so bedachtsamen Alten hinwegzufahren pflegen: und es ist ohnstreitig rathsamer mit einer so dreisten Verwerfung der dahin gehörigen Nachrichten mehr an sich zu halten und sich an deren statt einer sorgfältigen Erforschung derjenigen Mittel davon sie zu Bewerkstelligung so grosser und erstaunlicher Dinge Gebrauch gemacht haben können, zu befleißigen, zumal wenn uns hin und wieder einige Spuren gezeiget werden. Ich will davon einen Versuch machen, der hierin vielleicht zu einer Probe dienen kann: wenigstens betrift er eine Begebenheit des Alterthums, die wegen ihrer Merkwürdigkeit eine mit vom ersten Range ist.

Wenn man auf die Grund-Sätze der Lehre von den Brenn-Spiegeln siehet; so scheinet es unmöglich

zu seyn vermittelst einer solchen catoptrischen Waffen-Rüstung dasjenige auszurichten, was **Archimedes** damit ausgerichtet haben soll.

Die Römer belagerten **Siracus**, und **Diodorus Siculus** berichtet: **Archimedes** habe ihre Flotte in der Weite von drey Stadien vermittelst eines Brenn-Spiegels in Brand gesetzt. Gewiß, eine sonderbare Begebenheit! Verstehet man hier unter den Brenn-Spiegel das, was wir darunter zu verstehen gewohnt sind; so scheinet die Sache auch selbst in dem Falle unmöglich zu seyn, wenn man annehmen wolte: Archimedes habe ganz ausserordentliche Geheimnisse gewußt, um Schwierigkeiten übersteigen zu können, die allen andern Menschen unübersteiglich sind.

Ein Brenn-Spiegel, dessen hole Fläche Kugelförmig ist, brennet ohngefähr in der Weite des vierten Theils des Durchmessers derjenigen Kugel, von deren Fläche er ein Theil ist. Nach der gewöhnlichen Rechnung wird ein Stadium 125 geometrische Schritt oder 625 Fuß rheinländisch angegeben. Drey Stadien waren also 1875 Fuß rheinländisch. Wenn man diese Länge als den vierten Theil des Durchmessers einer Kugel ansiehet; so müßte Archimedis Brenn-Spiegel, dafern er Kugelförmig gewesen, ein Theil von einer Kugel-Fläche gewesen seyn, deren Durchmesser 7500 Fuß betragen. Diese Angaben sind aber insgesammt so ungeheuer groß, daß man die Möglichkeit der Verfertigung eines nach ihnen eingerichteten Brenn-Spiegels von der gewöhnlichen Art billig in Zweifel ziehet.

Zu unsern Zeiten ist, wie es scheinet, mit dem **Herrn v. Tschirnhausen** die Kunst einen Brenn-Spiegel nach einer Kugel-Fläche, deren Durchmesser 20 Fuß rheinländisch beträgt, zu bilden ausgestorben. Die Schwierigkeiten, welche sich bey der Bildung einer solchen Fläche, und insonderheit bey der nothwendigen Vergulbung derselben finden, wenn durch die leztere ihre Gestalt nicht verändert werden soll, diese Schwierigkeiten sage ich, sind so groß, daß sie nur ein Tschirnhausen zu heben wußte, und bey dem Archimedischen Brenn-Spiegel wären sie um so viel grösser gewesen, um wie viel 7500 mehr ist als 20.

Es würde auch wenig zur Hebung derselben beytragen, wenn man annehmen wolte: Archimedes habe sich eines parabolischen Brenn-Spiegels bedienet. Denn die Brenn-Weite dieses Spiegels, wenn er nach einer apollonischen Parabel, deren bekannte Gleichung $y^2 = ax$ ist, gebildet wird, ist nicht grösser; sondern Verhältnißmäßig vielmehr kleiner, und daher die Verfertigung eines Brenn-Spiegels von der Art, der das ausrichten soll, was hier erzählet wird, noch weniger möglich. Ich nehme in der eben gemeldeten Gleichung an, daß y die Semiordinate, a den Parameter der Parabel und x ihre Abscissen bedeute, und bey dieser Voraussetzung will ich noch ferner den Fall setzen: Archimedes habe sich einer Parabel von höhern Geschlechten bedienet um seinen Brenn-Spiegel darnach zu bilden. Es sey also eine cubicalische Parabel gewesen, deren Gleichung $y^3 = ax^2$; oder eine biquadratische Parabel, deren Gleichung $y^4 = ax^3$: oder endlich eine bicubicalische Parabel, deren Gleichung

 $y^5 =$

$y^5 = ax^4$ ist; so wird im ersten Fall $a = \frac{y^3}{x^2}$: im andern Fall $a = \frac{y^4}{x^3}$: im dritten Fall $a = \frac{y^5}{x^4}$ seyn. In allen diesen Fällen wird also der Parameter der Parabel immer grösser: da nun die Brenn-Weite eines parabolischen Brenn-Spiegels allemal ein bestimmter Theil des Parameters derjenigen Parabel, nach welcher er gebildet worden, ist; so wird auch diese bey Parabeln von höhern Geschlechten immer grösser: und auf solche Art nähert sich die Verfertigung eines Brenn-Spiegels von der gemeldeten Würkung, so viel die Brenn-Weite betrift, immer mehr der Möglichkeit: allein eben damit vermehren sich gewisse Schwierigkeiten von einer andern Art, die ich sogleich anführen werde: überdem findet der Uebergang von der Möglichkeit zur Würklichkeit bey solchen mechanischen Arbeiten allemal die äussersten Schwierigkeiten, und bey dem allen bleibt dennoch eine Brenn-Weite von 1875 Fuß noch immer viel zu groß, als daß man die Verfertigung eines solchen Brenn-Spiegels für möglich halten könnte.

Doch wir wollen annehmen: Archimedes habe alle diese Schwierigkeiten zu überwinden gewußt; so würde denn nur noch auszumachen seyn: wie groß der Heerd oder der Umfang des Brenn-Punkts eines Spiegels seyn müsse, mit dem man eine Flotte oder auch nur ein Schif anzünden will? Man weiß es aus catoptrischen Grund-Sätzen, daß die Breite oder der Durchmesser des Heerds bey einem Kugelförmigen Brenn-Spiegel 15 Minuten, d. i. ohngefähr $\frac{1}{120}$tel

der

der Brenn-Weite betrage, und bey einem parabolischen Brenn-Spiegel ist sie um ein weniges grösser. Also würde denn der Durchmesser des Heerds bey Archimedis Brenn-Spiegel etwas über 15 Fuß betragen haben: und ein Heerd von solcher Grösse war hinreichend ein Schif in Feuer und Flammen zu setzen: allein alsdenn würde der grössteste Bogen auf der Fläche dieses Brenn-Spiegels wenigstens 10 Grade groß gewesen seyn müssen, um so viele Sonnen-Strahlen auffangen zu können als zu der nöthigen Erhitzung eines solchen Heerdes erfordert wurden: und ein Bogen von der Grösse würde bey einen Brenn-Spiegel von der gemeldeten Brenn-Weite, nach der Reduction auf Längen-Maaß, über 600 Fuß rheinländisch lang gewesen seyn: folglich hätte die Höhe des archimedischen Brenn-Spiegels über 500 Fuß rheinländisch betragen, und das fällt gänzlich weg.

Kircher sagt: „er sey zu Siracus gewesen, und „habe die Gelegenheit des Orts genau untersucht und „gefunden, daß die Römer bis auf 30 geometrische „Schritte an die Mauren hätten heran kommen können". Allein auch dadurch wird der Sache wenig geholfen. Nicht zu gedenken, daß ihnen in solcher Nähe die Geschütze, durch deren besondere und künstliche Einrichtung Archimedes der beängstigten Stadt so fürtrefliche Dienste leistete, nachtheiliger als der Spiegel gewesen seyn würden; so ist doch auch diese Weite für die Würkung des Brenn-Spiegels noch viel zu groß. Wenn die Brenn-Weite 30 geometrische Schritt oder 150 Fuß rheinländisch angenommen wird; so wäre der Kugelförmige Brenn-Spiegel ein

Theil einer Kugel-Fläche von 600 Fuß im Durchmesser gewesen, und an der Möglichkeit einen Brenn-Spiegel von solcher Fläche verfertigen zu können ist auch noch sehr zu zweifeln. Der Durchmesser des Heerds würde $1\frac{1}{4}$tel Fuß rheinl. betragen haben, und bey einen parabolischen Brenn-Spiegel von der Brenn-Weite würde er beynahe eben so groß gewesen seyn. Nun wäre auch diese Grösse des Heerds hinreichend gewesen ein Schif in Brand zu setzen: allein die Höhe des Spiegels hätte in beyden Fällen wenigstens 52 Fuß betragen müssen, welches aber auch wegfält, weil es alles menschliche Vermögen übersteiget, eine so grosse Fläche so zusammen zu setzen, daß sie diejenige genaue Gestalt erhalte, welche die Eigenschaften eines Brenn-Spiegels erfordern, und sie sodann bey dem Gebrauche so zu richten, daß ihre Rundung und Hölung nicht durch ihre eigene Schwere verändert werde, welches doch die ganze Würkung des Spiegels verhindern würde.

Diese Schwierigkeiten insgesammt sind so groß, daß es nicht zu bewundern ist, wenn einige in den neuern Zeiten aufgetretene Kenner dieser Sachen die Nachrichten des Diodorus Siculus und anderer, die des archimedischen Brenn-Spiegels gedenken, mit den Verdachte belästigen: als hätten sie ihren Ursprung aus fabelhaften Erzählungen, dadurch sich diese Geschicht-Schreiber betrügen lassen. So wird man allemal denken müssen so lange man sich von dem Brenn-Spiegel des **Archimedis** und **Procli**, welcher letztere eben das vor **Byzanz** was Archimedes vor **Siracus**, gethan haben soll, die Vorstellung macht,

macht, die wir uns von Brenn-Spiegeln zu machen gewohnt sind. Ich halte aber dafür von dieser Sache lassen sich nicht so leicht fabelhafte Erzählungen vermuthen, denn dazu ist sie zu selten und zu unbekannt, und es giebt deren wenige die da wissen was ein Brenn-Spiegel sey? ingleichen was und wie er das Seine ausrichte? Wenn sich also einige Gerüchte von dieser Art ausgebreitet; so müssen sie durch eine würkliche Begebenheit veranlasset worden seyn, die man hier allem Ansehen nach als geschehen annehmen, und sie sich nicht durch allerley die Art und Weise wie sie vorgegangen betreffende Vorurtheile zweifelhaft machen muß, welches allemal geschiehet, wenn man die Möglichkeit der Sache nach Anleitung seiner eingeschränkten Einsichten in sehr enge Grenzen einschränket, und darauf, wenn man in solchen engen Umfange die Mittel zu deren Bewerkstelligung nicht antrift, sie für eine Fabel erkläret. Ein solches Verfahren ist übereilt und unbefugt und ein Fehler, der an Grösse der entgegen stehenden Leichtgläubigkeit nichts nachgiebt. Wie? wenn Archimedes und Proclus in mechanischen Zurüstungen einsichtsvoller und mehr erfahren gewesen wären, als man es heutiges Tages ist? und es scheinet fast so! alsdenn würden wir uns freylich wundern müssen, daß sie etwas haben bewerkstelligen können, das uns unmöglich zu seyn schien.

Dem sey indessen wie ihm wolle; so ist es doch nicht glaublich, daß Archimedes sich eines Kugel förmigen oder parabolischen Brenn-Spiegels bedienet haben könne: und gleichwol würde es eine Verwegenheit seyn, wenn man deswegen die Begebenheit selbst

selbst läugnen wolte, die von solchen Schrift-Stellern berichtet wird, deren Glaubwürdigkeit man in Ansehung dieser Sache aus keinem anderweitigen Grunde in Zweifel zu ziehen berechtiget ist. Ehe man so weit gehen kan muß erst die Frage untersucht werden: ob die Sache sich nicht auf eine andere Weise habe bewerkstelligen lassen? und ich bin der Meinung daß dieses würklich geschehen sey. Damit es aber nicht das Ansehen gewinne, als ob ich mich hierin blos willkührlichen Muthmassungen überliesse; so will ich, ehe ich mich hierüber weiter erkläre, die Worte anführen, mit welchen der griechische Geschicht-Schreiber Zetses diese merkwürdige Begebenheit erzählet.

Nachdem Archimedes denen Römern durch seine fürtreflichen Geschütze dermassen zugesetzt hatte, daß sie genöthiget wurden sich mit ihren Schiffen zurück zuziehen, so heißt es nun in der lateinischen Uebersetzung also: „Cum autem Marcellus illas sc. naves removisset, hexagonum aliquod speculum fabricavit senex: a distantia autem commensurata speculi parva talia specilla cum posuisset, quadrupla angulis, quæ movebantur laminis & quibusdam sculpturis; medium illud posuit radiorum solis australis & æstivalis & hyemalis. Refractis deinceps in hoc radiis exarsio elata est formidabilis ignota navibus, & has in cinerem redegit longitudine arcus iactus.„

Man siehet wol wie dunkel einige Vorstellungen in diesem von Wort zu Wort übersetzten Berichte des Zetses sind, und der eigentliche Sinn derselben ist ungemein schwer zu bestimmen: allein zuvörderst kan

man

man doch so viel daraus abnehmen, daß Archimedes sich einer Anzahl kleiner ebener Spiegel bedienet, und die vermittelst derselben aufgefangenen Sonnen-Strahlen nach einen gemeinschaftlichen Ort zurück geworfen habe. Nur sind die Ausdrücke des Geschicht-Schreibers in der Vorstellung der Art und Weise wie diese Zurückwerfung geschehen sey zweydeutig. Die Worte a distantia autem commensurata speculi sc. hexagoni &c. scheinen den Sinn zu geben: Archimedes habe einen grossen sechseckigten Spiegel zum vornehmsten Werkzeuge seines Vorhabens gebraucht, und sodann in einer gewissen Entfernung von demselben mehrere kleinere Spiegel angebracht, die sich durch Drath dergestalt bewegen lassen, daß er die durch sie aufgefangenen Sonnen-Strahlen auf den grossen Spiegel, und dieser die von so vielen andern Spiegeln empfangene Gluth auf die römische Flotte zurück geworfen. Wenn man diese Erklärung nicht annimmt; so ist nicht zu begreifen, was die Worte a distantia autem commensurata &c. sagen wollen, die doch gleichwol das eigentliche Geheimniß der archimedischen Einrichtung in sich zu fassen scheinen.

Ich halte aber dennoch dafür daß diese Erklärung nicht statt finden könne, und daß man wichtige Ursachen habe lieber den eigentlichen Sinn der gemeldeten Worte unausgemacht, als eine solche Auslegung derselben gelten zu lassen. Denn der grosse Spiegel ist entweder wie die andern von ebener Fläche, oder er ist ein Hol-Spiegel gewesen: das letztere kann nicht seyn, weil ein Hol-Spiegel die von mehrern andern Spiegeln empfangenen Strahlen nicht zusammen bringet, sondern

sondern zerstreuet, und also Archimedis Absichten hinderlich gewesen wäre: oder die kleinern Spiegel hätten demselben grade gegen über dergestalt gestellet seyn müssen, daß die von ihnen zurück geworfenen Strahlen in einer mit der Axe des Hol-Spiegels paralleten Richtung auf ihn gestossen: denn nur die auf solche Art empfangenen Strahlen vereiniget der Hol-Spiegel in seinem Brenn-Punkte. Nehmen wir aber das an; so finden wir hier alle vorhin gedachte Schwierigkeiten, welche die kleine Brenn-Weite des Hol-Spiegels mit sich bringet, wieder vor uns. Auch hätte er bey dieser Einrichtung eine solche Stellung haben müssen, in welcher er von den Sonnen-Strahlen nicht getroffen werden konnte, weil er ihr, um die von den kleinen Spiegeln zurück geworfenen Strahlen auffangen zu können, den Rücken zukehren mußte; und das wiederspricht den angeführten Worten des Geschicht-Schreibers, der ausdrücklich sagt: medium illud sc. speculum hexagonum posuit radiorum solis: also hat er seine Strahlen unmittelbar von der Sonne, und nicht von den kleinern Spiegeln empfangen.

Ist es aber ein ebener Spiegel gewesen; so verstärkt derselbe an und vor sich die Hitze des Sonnen-Lichts nicht; sondern läßt sie so wie er sie empfängt: und also würde dieser grosse Spiegel alle die Hitze, dadurch er die römische Flotte in Brand gesetzt, von den kleinen Spiegeln haben bekommen müssen. Da ist es nun schwerlich zu begreifen, wie er selbst alle diese Gluth habe aushalten können. Ueberdem würde die römische Flotte auf diese Art durch ein zweymal zurück geworfenes Licht angezündet worden seyn, welches

ches doch auch nicht glaublich ist, weil das Licht durch eine jede Zurückwerfung, nur diejenige ausgenommen, die vermittelst metallner Spiegel geschiehet, geschwächt wird.

So lange also das Geheimniß von dem **grossen sechseckigten Spiegel** und von der **bestimmten Entfernung**, in welcher die kleinern Spiegel neben demselben angebracht worden sind, nicht zu erforschen ist, müssen wir uns an der allgemeinen und unbestimmten Erklärung der Worte des Zetses begnügen lassen: daß Archimedes neben dem grossen Spiegel mehrere kleinere dergestalt gegen die Sonne gerichtet, daß die von ihnen insgesammt zurückgeworfenen Strahlen in einen gemeinschaftlichen Heerde zusammen gestossen. Weil man es nun bey dieser Einrichtung in seiner Gewalt hat die Brenn-Weite so groß zu machen, als man will; so kan dieser Heerd in der Weite eines Pfeil-Wurfs von dem Ufer entfernet gewesen seyn: und sölchergestalt würde sich die Möglichkeit dieser Begebenheit begreifen lassen, wenn nur vorher noch ausgemacht wird: ob sich durch dergleichen Stellung mehrerer Spiegel neben einander und durch ihre in einen gemeinschaftlichen Heerd zurückgeworfene Strahlen eine solche Hitze hervor bringen lasse, die zur Anzündung eines Schifs erfordert wird?

Um die Sache sogleich vermittelst der Erfahrung zu entscheiden habe ich folgenden Versuch gemacht: An einen kalten Winter-Tage im Jenner, da der Himmel sehr heiter war, und der Wind aus Nord-Ost wehete, hieng ich Vormittags um 10 Uhr ein Thermometer von Reáumürs Einrichtung an die

Nord-

Nord-Seite eines steinernen Pfeilers, wo dasselbe also von gedachten Winde unmittelbar getroffen wurde: das Queckſilber fiel auch sogleich auf 4 Grad unter den Gefriehrungs-Punkt herunter. Ich ließ acht ebene Spiegel, deren jeder eins ins andere gerechnet, einen halben Quadrat-Schuh groß war, herbey bringen, und stellte selbige in einer Weite von 15 Schritten von gedachten Pfeiler dergestalt, daß die durch sie aufgefangene Sonnen-Strahlen auf die Kugel des Thermometers zurück geworfen wurden, und in dieser Stellung ließ ich sie durch dazu bestellte Personen, so viel es sich wolte thun lassen, erhalten. Nach Verlauf einer Zeit von zwo Minuten, seit dem das Thermometer von allen acht Spiegeln getroffen worden war, stieg das Quecksilber biß über den höchsten Grad der Hunds-Tags-Hitze hinauf. Die strenge Kälte der scharfen Luft aber ließ es nicht zu diesen Versuch länger fortzusetzen, weil dazu eine sehr behutsame Bewegung der Spiegel nach Maaßgebung der sich verändernden Sonnen-Höhe erfordert wurde: und auch in der gemeldeten Zeit von zwo Minuten liessen sich in dem gemeinschaftlichen Heerde der Spiegel manche ausschweifende Bewegungen der zurückgeworfenen Strahlen wahrnehmen, die von den zitternden Händen derer, die die Spiegel hielten, herrühreten, und dem Versuche nachtheilig waren. Und dennoch scheinet er für obige Erklärung des archimedischen Brenn-Spiegels und für die Möglichkeit der von den Geschicht-Schreibern berichteten Würckung desselben das Wort zu führen. Denn man siehet leicht daß dieses eine schleunige und heftige Würkung von so wenigen Spiegeln bey so grosser Kälte gewesen, und

daß

daß sie um ein beträchtliches grösser ausfallen müsse, wenn eine grosse Anzahl solcher kleinen Spiegel durch eine bequeme mechanische Einrichtung dergestalt mit einander verbunden wird, daß ihre Stellung neben einander unveränderlich bleibe, und sie insgesamt als ein zusammen gesetzter Spiegel nur durch eine einfache Bewegung in derjenigen Richtung erhalten werden, die der jedesmalige Stand der Sonne erfordert, wenn ihr gemeinschaftlicher Heerd an einem und eben demselben Orte bleiben soll. Dieses Kunst-Stück scheinet Archimedes glücklich bewerkstelliget zu haben: und bey einer geschickten Anwendung desselben läßt sichs begreifen, wie die Hitze in demjenigen Körper der von diesem Heerde getroffen wird, durch die fortwährende Würkung mehrerer Spiegel bis zu dem Grade vermehret werden könne, daß eine Entzündung erfolgen muß.

Um aber zu versuchen, wie weit man in der Behauptung der Sache gehen könne, will ich einen Satz zum Grunde legen, dessen Richtigkeit, wie ich dafür halte, nicht in Zweifel gezogen werden kan. Man nehme eine beliebige Anzahl ebener Spiegel deren jeder in Ansehung seiner würklich spiegelnden Fläche einen halben Quadrat Fuß enthält, und richte sie so, daß sie die aufgefangenen Sonnenstrahlen in einem gemeinschaftlichen Heerde mit einander vereinigen; so sage ich: es sey möglich die zurückgeworfenen Strahlen aller dieser Spiegel so genau mit einander zu vereinigen, daß die Fläche ihres gemeinschaftlichen Heerdes in einer Weite an 200 Fuß rheinl. nicht über zwey Quadrat-Fuß groß sey. Die Erfarung lehret zwar, daß der zurückgeworfene Strahl eines ebenen gläsernen Spie-

gels bey zunehmender Entfernung des Orts, wohin er geworfen wird, dievergire, d. h. der helle Schein, den er auf einer seiner Richtung grade entgegen stehenden Fläche verursachet, ist grösser als die Fläche des Spiegels selbst, welches von denen vielfältigen Zurückwerfungen und Brechungen der Licht-Strahlen in dem Spiegel herrühret. Ein gläserner Spiegel hat eine gedoppelte Fläche die äussere nemlich und die inwendige, die mit Spiegel-Folie belegt ist: zwischen beyden ist die Dicke der gläsernen Platte. Der Strahl wird zum theil so gleich auf der äussern Fläche zurück geworfen, das übrige dringet in den Spiegel hinein, und wird in der Dicke des Glases gebrochen: darauf erfolget die eigentliche Zurückwerfung auf der mit Spiegel-Folie belegten Fläche: alsdenn wird der zurückgeworfene Strahl, der nun noch einmal durch die Dicke des Glases hindurch muß, wieder gebrochen, und endlich, bey dem hervordringen in die freye Luft, noch einmal. Je dicker der Spiegel im Glase ist, desto grösser sind diese mannigfaltigen Veränderungen der Lichtstrahlen, die der eigentlichen Würkung des Spiegels nachtheilig sind: und daher entstehet das Divergiren des zurück geworfenen Lichts, oder die zunehmende Grösse des Widerscheins, die der Spiegel verursacht. Man kan sich aber durch den Augenschein davon überzeugen, daß diese Grösse, wenn der Spiegel nicht gar zu dick im Glase ist, und wenn der zurück geworfene Strahl senkrecht auf eine ebene Fläche fällt, in einer Weite von 100 Fuß noch keinen Quadrat-Fuß betrage, wenn der ebene Spiegel einen halben Quadrat-Fuß groß ist. Nun verhält sich die Grösse des Widerscheins von einem und eben demselben

Spiegel

Spiegel in verschiedenen Weiten wie die Grösse dieser Weiten: daher wird sie in einer Weite von 200 rheinl. Fuß noch nicht 2 Quadrat-Fuß betragen. Folglich hat obiger Satz seine Richtigkeit, und vermöge desselben können wir behaupten: Archimedes habe seine aus vielen Spiegeln zusammen gesetzte Maschine dergestalt einrichten können, daß er die durch sie aufgefangenen Sonnenstrahlen in einer Weite von 150 oder 200 Fuß in einem Heerde, der zwey Quadrat-Fuß groß gewesen, zusammen gebracht. Gesetzt nun, er habe hundert solcher Spiegel, deren jeder einen halben Quadrat-Fuß groß gewesen, gebraucht; so hat er vermittelst derselben das Sonnen Licht, welches natürlicher Weise einen Raum von 50 Quadrat-Fuß einnimmt, in einen Raum von 2 Quadrat-Fuß zusammen gebracht, und die Hitze in dem Heerde seiner Spiegel Maschine ist 25 mal so groß gewesen, als die natürliche Sonnen-Hitze damals zu Siracus war.

Doch auch diese Hitze scheinet zur Anzündung eines Schifs noch nicht hinreichend zu seyn. Man weiß es aus bekannten Versuchen, daß die Hitze in dem Heerde eines Brenn-Glases, dessen Durchmesser $1\frac{1}{2}$ Zoll oder 18 Linien und der Durchmesser des Heerdes $1\frac{1}{2}$ Linie beträgt, eben zureiche das Holz anzuzünden. Nun verhält sich diese durch die Brechung der Lichtstrahlen hervorgebrachte Hitze zu der natürlichen Hitze der Sonnenstrahlen wie 324 zu $\frac{9}{4}$ oder wie 144 zu 1. Vermöge dieses Erfahrungs-Satzes würde also zur Anzündung des Holzes durch gebrochene oder zurückgeworfene Sonnenstrahlen eine Hitze erforderlich seyn, die 144 mal grösser ist, als die natürliche Hitze des Son-

nen-Lichts. Archimedes würde also seine Spiegel-Maschine bey voraus gesetzter obiger Grösse ihres Heerdes aus einer Menge von ebenen Spiegeln haben zusammen setzen müssen, deren sämmtliche Fläche 288 Quadrat-Fuß groß gewesen: und die dazu erforderliche Anzahl von Spiegeln war in einer Stadt, wie Siracus, schon zusammen zu bringen, und ein solcher erfinderischer Geist, wie Archimedes, konnte sie schon nach Erfordern seiner Absicht und der catoptrischen Grund-Sätze in einer gewissen und geschickten Ordnung zu verbinden wissen.

Die Erfindung ist daher nicht so wohl wegen ihrer Tiefsinnigkeit, als vielmehr wegen der zufälligen äussern Umstände und der Gelegenheit, bey welcher sie mit so sonderbarer Würkung ausgeführet worden, zu bewundern. Nunmehro, nach dem man in dieser Sache einen solchen Vorgänger hat, solte es meines Erachtens so schwer nicht seyn, die Aufgabe aufzulösen: Wie man bey einer gegebenen Brenn-Weite, die aber nicht über 200 Fuß groß seyn muß, eine Maschine aus so vielen Spiegeln, und auf eine solche Art zusammen setzen könne, daß eine jede brennbare und leicht anzuzündende Materie durch sie in Brand gesetzet werde. Man müste sich zuförderst nach obiger Anleitung durch einige vorläufige Versuche belehren, wie viele Spiegel von gegebener Grösse erfordert würden, um in einer gegebenen Weite einen gewissen Grad der Hitze hervor zu bringen: sodann würde die gegebene Brenn-Weite die Richtung und Stellung dieser Spiegel neben einander bestimmen: ferner müste das ganze Gerüste auf ebenen Boden verfertiget, und in allen seinen Theilen

gehörig

gehörig verwahret und befestiget werden: und endlich dürfte dasselbe nur mit der erforderlichen Sorgfalt und Behutsamkeit aufgerichtet und in die rechte Stellung gebracht werden. Auf diese Art, denke ich, könnte man jetzt noch allemal eben dasselbe ausrichten, was Archimedes erfunden und bewerkstelliget hat, und was uns bey dem ersten Anblick so unbegreiflich zu seyn schien. Wenn man annimmt: das ganze Gerüste der archimedischen Erfindung sey ein Sechs-Eck gewesen, dessen Fläche 288 Quadrat-Fuß betragen; so würde der Durchmesser desselben ohngefehr 19 bis 20 Fuß groß gewesen seyn: und die Verfertigung einer solchen Maschine von dieser Grösse ist bey weiten noch nicht unmöglich.

Es findet sich aber gleichwohl noch eine erhebliche Schwierigkeit, die durch die Entfernung, welche die Schiffe der Römer von den Mauren der Stadt halten musten, oder durch die Grösse der Brenn-Weite, muß verursachet worden seyn: denn diese erforderte, daß die zurückgeworfenen Strahlen über dem Gewässer des Meeres, durch eine mit Dünsten angefüllte Luft einen sehr weiten Weg zurück legen musten, ehe sie sich in ihrem Heerde vereinigten, und das konnte, wie es scheinet, ohne eine beträchtliche Verminderung der Hitze desselben nicht abgehen. Man kan aber zur Hebung dieser Schwierigkeit folgende Umstände bemerken. Zuförderst ist die mit Dünsten angefüllte Luft an und vor sich nicht allemal ein so grosses Hinderniß der lebhaften Bewegung der Lichtstrahlen, wie hier eingewendet worden: sie kan sehr voll Dünste, und bey dem allen dennoch sehr heiter seyn, wenn die Sonne hoch am

Himmel stehet: und alsdenn ist der Abgang, den die durch sie hindurch fahrenden Lichtstrahlen an ihrer Lebhaftigkeit leiden, von keiner Erheblichkeit. So dann kan man aus der Lage der Insul Sicilien leicht schliessen, daß die natürliche Sonnen-Hitze auf der Höhe von Siracus an sich schon groß genug seyn müsse, um die ihr bloß stehenden Körper z. B. Schiffe, Thaue und Seegel bis zu einem sehr hohen Grade erwärmen zu können. Und endlich war es auch eben nicht nothwendig, daß die archimedische Spiegel-Maschine so gleich einen Brand auf der Römer Flotte verursachen muste, so bald sie ihren Gegenstand getroffen hatte: dieselbe Entzündung, die von einer starken Hitze plözlich entstehet, kan auch durch eine geringere verursacht werden, wenn die leztere Zeit hat zu würken, und die Feuer Theile in der Masse des anzuzündenden Körpers bis zu den Grade, den dessen Anzündung erfordert, anzuhäufen. Archimedes hatte seinen Zweck völlig erreicht, wenn er vermittelst seiner Erfindung nach Ablauf einer viertel Stunde eines der nahe gelegenen Schiffe in Brand brachte, so daß die benachbarten von dessen Flammen ergriffen wurden. Er hatte keine Ursach zu besorgen, daß die Römer denen Würkungen seiner Maschine zu entgehen suchen würden, denn sie kannten dieselbe und die Gefahr, die sie ihnen drohete, nicht, und das starke Licht, welches diese Spiegel insgesamt von sich gegeben haben, hat man bekanntermassen nur in dem Brenn-Punkte oder in dem Heerde dieser Maschine sehen können. Dieser ist nach obiger Angabe nur einige wenige Quadrat-Fuß groß, und also klein genug gewesen, um von wenigen oder auch von Niemanden bemerkt zu werden. Sie sahen viel-

leicht irgendwo einen Rauch aufsteigen, aber ohne zu wissen, woher derselbe entstanden, und also auch, ohne das in Brand gerathende Schif von der Stelle zu bringen: und ehe sie die zum Löschen erforderliche Anstalt machten, war dasselbe durch die fortwährende Würkung der Spiegel in Flammen versezt. Auf diese Art entstand, wie Zetses sagt, eine exarsio ignota navibus. Unterdessen da sie voll Bestürzung diesen Brand zu löschen beschäftiget waren, ergrif der archimedische Spiegel ein anderes mit eben der Würkung: und das konnte so fortwären, ehe die Römer den Ursprung dieses Unglücks zu entdecken vermogten, so daß dasselbe Zeit gewann überhand zu nehmen.

Es war auch nicht nothwendig, daß Archimedes die unmittelbare Anzündung des Holzes selbst, aus welchem die Schiffe erbauet waren, versuchen muste: er konnte den Heerd seiner Spiegel auf die Thaue und Seegel oder andere leicht anzuzündende Materien, die sich auf den Schiffen befanden, richten. Dergleichen Materien erfordern bey weiten keine so grosse Hitze, als das Holz, um in Brand gesetzt zu werden, und wenn dieses würklich geschehen ist; so hat die Anzahl der Spiegel, aus welchen die Maschine zusammen gesetzt war, entweder um ein Beträchtliches kleiner seyn können, als ich sie vorhin angegeben habe: oder wenn man sie bey dieser Grösse lassen will; so hat ihre Würkung um so viel schleuniger erfolgen müssen.

Auf diese Art läßt sich, wie ich dafür halte, die Möglichkeit dieser sonderbaren Begebenheit begreifen, und bin der Meynung, man seye es dem auf guten

Gründen beruhenden Ansehen solcher Geschicht-Schreiber und Schrift-Steller des Alterthums dergleichen **Diodorus Siculus, Zetses, Zonaras** und **Galenus** sind, schuldig, lieber alles zu versuchen, um die Möglichkeit dieser von ihnen gemeldeten Begebenheit darzuthun, ehe man die Glaubwürdigkeit ihrer Erzählungen, um einer anscheinenden Unmöglichkeit willen, in einen ihnen so nachtheiligen Verdacht gerathen läßt.



Der

Der sechste Versuch.

Von einigen zur Hebung verschiedener Lasten gemachten mechanischen Einrichtungen.

Ich will nur einer gedoppelten Art dieser Hebungen gedenken, die ich beide selbst versucht, und dabey ich verschiedenes bemerket, dessen Anführung vielleicht nicht ohne Nutzen seyn wird.

Die erste Art betrift das Ausheben der Stämme abgehauener Bäume mit ihren Wurzeln aus der Erde. Verschiedene Umstände gaben mir Anlaß diesen Versuch zu machen, und der an manchen Orten sich äussernde Abgang des Holzes wird auch wohl für die Erheblichkeit desselben das Wort führen: zumal da dergleichen ausgehobene Stämme, wenn sie nebst ihren Wurzeln wohl ausgetrocknet sind, nicht nur viel Hitze geben; sondern auch langsam brennen.

Man findet in den Abhandlungen der öconomischen Gesellschaft zu Bern, und auch in den Abhandlungen der schwedischen Academie der Wissenschaften Vorschläge von einigen zu dem Ende gemachten mechanischen Einrichtungen: aber von keinem dieser beyden Vorschläge wird gemeldet, wie es bey denen damit gemachten Versuchen ergangen sey, welches doch nöthig gewesen wäre, und denen, die davon Gebrauch machen

wollen zur Versicherung, daß die Sache würklich von statten gehe, und zur Ermunterung, sich des Vortheils dieser Versuche zu bedienen, gereichen könnte. Denn es ist nicht genug einen Vorschlag von der Art gethan zu haben; sondern die Brauchbarkeit desselben muß durch die Beschreibung der damit gemachten Versuche dargethan, und der würkliche Gebrauch muß durch die Erläuterung der dabey sich eräugenden Umstände erleichtert werden. Versuche von dieser Art sind kostbar, und man muß die Unkosten, die sie erfordern, unter andern auch durch genaue Bestimmung der Materien, aus welchen die zu dem Ende zu verfertigenden Maschinen und alle Theile derselben bestehen müssen, mäßigen, oder wenigstens verhüten, daß sie nicht durch ein gewagte und unglückliche Wahl und Anwendung dieser Materien vermehret werden. Diese Pflicht liegt demjenigen ob, der diese Versuche zuerst macht: denn er hat Gelegenheit sich von allen dahin gehörigen Umständen zu unterrichten: diese haben wenige, und er kan durch seine daran gewendeten Bemühungen und Unkosten andere der ihrigen grossen Theils überheben.

Den Bernischen Vorschlag habe ich nicht versucht, weil ich besorgte, er möchte nicht gelingen, und bey denen Versuchen, die ich gemacht, habe ich auch verschiedenes wahrgenommen, welches mich nöthiget die Brauchbarkeit desselben in gewissen Gegenden in Zweifel zu ziehen. An bergigten Orten, wo das Erdreich von geringer Tiefe ist, und zur Bedeckung der unter demselben vorhandenen Felsen kaum hinreicht, treiben die Bäume so wenig tiefe als lange Wurzeln, und sind also mit diesen ihren Wurzeln leicht auszuheben: und in diesem

Falle mag die Ausführung des gedachten Vorschlages vielleicht von statten gehen. In Gegenden aber, die einen tiefen und fetten Boden haben, wo die Wurzeln der Bäume nicht nur tief eindringen; sondern sich auch weit unter der Erde ausbreiten und eine ansehnliche Dicke gewinnen, auch über dem mit einer dichten und schweren Erde bedeckt sind, hier sage ich, wird eine grössere Kraft und eine stärkere Würkung erfordert, als der Bernische Vorschlag zu versprechen scheinet.

Den schwedischen habe ich versucht. Er bestehet in folgender Einrichtung: Tab. III. Fig. 11. A B C ist eine Hebe-Lade von gewöhnlicher und bekanter Art, die aber in allen ihren Theilen sehr stark und fest gemacht werden muß. Diejenige, die ich verfertigen ließ, war 7 bis 8 Fuß hoch: die Oefnung d e in welcher sich der Hebe-Baum f g beweget, war 6 Zoll weit und 5 Fuß hoch: die Oefnung r s hingegen, in welcher sich der Kopf des Hebe-Balkens m n k beweget, war 8 Zoll weit: die beyden Theile der Hebe-Lade B A und B C waren einen Fuß breit und 6 Zoll dick, und auf beyden Seiten der Dicke mit $\frac{1}{4}$ Zoll dicken eisernen Platten belegt, in welche die gewöhnlichen Löcher gebohret waren, darein die Bolzen gesteckt wurden, vermittelst deren der Hebe-Baum f g steiget, und den auf ihn liegenden Balken-Kopf m hebet. Der Hebe-Baum f g war 15 Fuß lang, und 5 Zoll ins gevierte dick, auch in der Mitte, wo er auf den Bolzen lag, mit Eisen gehörig eingefaßt. Die Bolzen waren aus Eisen geschmiedet, und hatten ein zehntheil eines rheinl. Fusses oder einen geometrischen Zoll im Durchmesser, und 14 Zoll Länge. Die beyden Theile der Hebe-Lade

B A

B A und B C konten aus einander genommen und aus ihrem Fusse A C heraus gehoben werden, welches nöthig ist um das Fortbringen derselben von einem Orte zum andern zu erleichtern. Der Hebe-Balken m n k muß gesundes und festes Holz und wenigstens 8 Zoll ins gevierte dick seyn: die Länge desselben ist willkührlich, doch wird sie nicht über 15 Fuß seyn dürfen, wenn er nicht bey starken Stämmen brechen soll: der Kopf des Hebe-Balken m muß so weit er in der Hebe-Lade eingeschlossen ist mit starken Eisen-Blech verwahret seyn. K P D ist ein Gestell von beliebiger Einrichtung, auf welchem das Ende des Hebe-Balken fest lieget: in einer willkührlichen Entfernung davon k n wird ein Thau oder eiserne Kette um den Balken herum gelegt: man gräbt nahe an dem Stamme, der ausgehoben werden soll, in die Erde, bis man einen der stärksten Zweige seiner Wurzel erreicht, und dieses findet sich gleich ohne ein tiefes Eingraben zu erfordern: unter ihn wird das Thau oder die Kette nach Beschaffenheit der Stärke des Stammes ein oder mehrere mal in v durchgezogen, um dadurch dem Stamme mit der würkenden Kräft der Maschine beyzukommen. Zween starke Männer heben und drucken den Hebe-Baum in f und g auf und nieder, und der dritte hat unterdessen die Bolzen in der Hebe-Lade immer höher zu stecken: dadurch wird der Hebe-Balken m n k gehoben und der Stamm vermittelst des Thaues oder der Kette ausgezogen.

Das ist die Einrichtung und der Gebrauch dieser Maschine. Ich zweifle nicht das es leicht seyn würde eine andere von grössern Vermögen anzugeben: allein wird sie auch so einfach seyn, als diese ist? Durch die

Menge

Menge der Theile, die ein solches Ganzes, das mit gröster Gewalt würken soll, ausmachen, wird dasselbe oft unbrauchbar, und die künstlichste und sinnreichste Zusammensetzung dieser Theile kan die Gefahr nicht verhüten, in der man sich befindet, viele Versuche, theils wegen der geringen Stärke und Festigkeit der Materien, aus welchen diese Theile bestehen, theils wegen der daher entstehenden unaufhörlichen Beschädigungen derselben, mißlingen zu sehen: denn für die Gewalt, mit welcher diese Maschine würken muß, und für die Grösse der Kräfte, dadurch alle Theile derselben angestrenget werden, ist kaum eine jede gegebene Materie stark genug. Die daher zu besorgende Gefahr wird durch die einfacheste Einrichtung oft am glücklichsten vermieden. Je kleiner die Anzahl der Theile dieser Maschine ist, desto weniger nachtheilige Veränderungen derselben hat man zu befürchten, und desto dauerhafter bleibt sie bey allen Versuchen, die damit gemacht werden. In dieser Absicht gefiel mir gegenwärtige Einrichtung vor vielen andern, und ich sahe es als einen Vorzug derselben an, daß sie den Gebrauch des Thaues und der Kette nicht weiter erforderte, als nur in so fern eines von beyden bey dem Stamme angebracht werden muste, und auch das ist hierbey schon ein schlimmer Umstand, wie ich erfahren habe: er läst sich aber, weil eine jede andere Art den Stamm mit der Maschine in Verbindung zu bringen, vielleicht bedenklicher seyn würde, nicht vermeiden.

Das Vermögen dieser ganzen Einrichtung ist leicht zu bestimmen. Wenn man annimmt der Hebe-Baum f g sey 16 Fuß lang, und ein Mann drucke das Ende

g dessel-

g desselben mit einer Kraft von 60 Pfunden nieder, da unterdessen ein anderer das Ende f mit einer Kraft von 20 Pfunden aufhebt; so wird der Kopf des Balken m durch die gemeinschaftliche Würkung dieser beyden Kräfte mit einer Gewalt von 967 Pfunden hinauf getrieben: ist der Hebe-Balken m k 12 Fuß lang, und die Entfernung n vom Ruhe-Punkt k 4 Fuß; so wird der Stamm T mit einer Kraft von 3868 Pfunden, oder von mehr als 35 Centnern angegriffen. Diese Gewalt wird mehr als um $\frac{2}{3}$tel grösser, wenn jedes Ende des Hebe-Baums durch zwey Mann mit Kräften von gemeldeter Grösse in Bewegung gesetzet wird. Das ist nun schon für den stärksten Stamm ein sehr nachdrücklicher Angrif, und ehe man auf die Frage kommt: ob derselbe hinreichend sey; muß vorher noch eine andere beantwortet werden, nehmlich: ob der Hebe-Balken m k und das Thau oder die Kette n v stark genug sind, um den Stamm mit einem solchen Nachdruck angreifen zu können? und dergleichen Fragen sind bey Maschinen, durch deren Einrichtung die würkende Kraft ein sehr grosses Vermögen gewinnet, immer sehr wichtig. Denn das Vermögen findet sich wohl, und läst sich, wenn es die Umstände erfordern, leicht vermehren: aber es finden sich auch immer gegründete Ursachen, zu zweifeln, daß es die Materie der Theile, aus welchen die Maschine zusammen gesetzt ist, aushalten werde. Die Alten wusten in dieser Absicht erstaunliche Dinge auszurichten: sie konten Lasten von ungeheurer Grösse heben, und Steine deren Gewicht nach Centnern gerechnet wurde, mit einer bewundernswürdigen Geschwindigkeit werfen. Was nun das dazu erforderliche Vermögen der Maschinen betrift; so geben wir ihnen

nen darin nichts nach: denn die Grund-Sätze der Mechanik sind unerschöpflich einen Vorrath nach den andern davon herzugeben: aber das ist nicht genug: die Materie der Maschinen muß es auch aushalten können: und wie muß diese Materie beschaffen und zubereitet seyn? Das wusten die Alten besser als wir, und daher kommt es, daß wir in der Ausübung noch immer sehr weit zurück bleiben, wenn man das was wir durch dergleichen mechanische Einrichtungen ausrichten, mit dem, was die Alten ausgerichtet, in Vergleichung bringet. Doch die Natur-Lehre, die Erfarung, und verschiedene unerwartete Zufälle haben uns andere Kräfte bekannt gemacht, von denen die Alten nichts wusten, und vermittelst deren wir ohne unsere Mühe noch mehr, und dasselbe noch geschwinder ausrichten: aber diese Kräfte sind nicht in allen vorkommenden Fällen brauchbar, und daher müssen wir es doch sehr oft empfinden, daß wir über den Gebrauch der neueren Erfindungen, in Ansehung der Mittel, deren die Alten sich bedienet, in Unwissenheit gerathen sind.

Ich will indessen, so viel diese Versuche betrift, obige Fragen durch die Erfarung beantworten lassen, und zu dem Ende melden, wie es mir bey Bewerkstelligung derselben ergangen sey. Es kostet Mühe und Uebung, ehe es damit das Ansehen gewinnt, als wollten sie von statten gehen, zumal wenn man gleich im Anfange das Schicksal hat an solche Stämme zu gerathen, die aus verschiedenen nicht so leicht in die Augen fallenden Ursachen sehr fest sitzen: denn da scheinet es, als wenn vorher alles zerbrochen, zerrissen und zu Grunde gerichtet werden müste, ehe man den Stamm zu eini-

einiger merklichen Hebung bringen kan. Ich hoffe aber, andere werden der Mühe und grossen Unkosten, die meine Versuche erforderten, überhoben seyn können, wenn sie sich das, was ich davon anführen werde, zur Nachricht dienen lassen.

Den ersten Versuch machte ich mit einem Stamme, der $1\frac{1}{2}$ Fuß im Durchmesser hatte, und in einem Boden saß, der mir eben nicht sehr dichte zu seyn schien, und neben einem Teiche lag: hernach aber erfuhr ich, daß dieser Boden zu einen Damm gehöre, der vor langen Jahren bey der Ausräumung dieses Teichs durch den Morast entstanden war, der sich seitdem sehr dicht und fest in einander gesetzt hatte. Folglich saß mein Stamm viel fester, als ich vermuthete. So bald ich ihn angreifen ließ, fieng der Balken m n k an sich zu beugen und sehr zu knacken: weil ich besorgte, daß er brechen möchte, ließ ich einen andern eben so dicken aber nur 5 Fuß langen Balken darauf, und das Thau und beyde Balken herum legen, und einige mahl unter der Wurzel durchziehen. Auf diese Art wurde der Balken in Sicherheit gesetzet, und hielt durch diese Beihülfe die stärksten Proben aus. Als ich diese Schwierigkeit gehoben hatte, fieng das Thau an sich gar sehr auszudehnen, und endlich riß es, ob es gleich $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser hatte. Ich ließ eine eiserne Kette von länglich runden Gelenken, die bey nahe einen halben Zoll im Eisen dick waren, herbey bringen, und sie so wie vorher das Thau zweymal um den Balken und die Wurzel herum ziehen: allein der eiserne Haken an der Kette, der eben so stark, als die Gelenke, war, brach ab, und damit ward der erste Versuch fruchtloß.

Ich

Darauf wurde ein neuer Haken an die Kette geschmiedet, und der Versuch an denselben Stamme wiederholt, der aber durch die vorigen Versuche schon so sehr angegriffen war, daß der Zweig der Wurzel, an welchen die Kette lag, von seinem übrigen tief in der Erde steckenden Ende abriß. Ich ließ die Kette sorgfältig um das abgerissene Ende das am Stamme blieb, herum ziehen: er brach aber nach und nach von allen seinen Wurzeln ab, und wurde ohne sie herausgezogen. Darauf ließ ich einen andern bey nahe eben so starken Stamm der in einem weniger dichten Boden saß, angreifen: aber die Kette hatte bey den vorigen Versuchen so sehr gelitten, daß sie dieses neuen Versuchs so gleich im Anfange zerrissen wurde.

Ich ließ eine neue Kette schmieden. Jedes Gelenke derselben war 6 Zoll lang, und $\frac{3}{4}$tel Zoll im Eisen dicke: Die Kette selbst war 10 Ellen lang, mit einem starken eisernen Haken an dem einen, und mit einem eben so starken eisernen Ringe an dem andern Ende versehen. Diese Kette hielt aus, und ich habe vermittelst derselben Stämme von allerley Bäumen ausheben lassen. Daher zweifle ich nicht, daß die Sache bey einer sorgfältigen Fortsetzung dieser Versuche noch ferner von statten gehen werde, obgleich der erste Anblick der Schwierigkeiten, die sich hier zeigen, einen jeden sogleich abschrecken kan: vielleicht wird aber die Bemerkung folgender Reguln sehr gute Dienste thun.

1. Man mache die Versuche zu einer solchen Jahres-Zeit, da, und an solchen Orten, wo das Erdreich locker ist.

2. Man bringe den Hebe-Balken m n k in eine solche Lage über den Stamm, der gehoben werden soll, daß er grade über den Zweig der Wurzel, um welchen die Kette lieget, hinweg gehe, und die leztere also, wenn sie angestrenget wird, eine gegen den Boden senkrechte Richtung bekomme.

3. Man setze das Gestell, auf welchem das Ende des Hebe-Balken aufliegt, mit der möglichsten Vorsicht neben den Stamm, daß es nicht über einen Haupt-Zweige der Wurzel stehe, und die Schwierigkeiten, die das Ausheben findet, vermehre.

4. Das gewöhnliche Merkmaal, daraus man schliessen kan, daß der Versuch Fortgang haben werde, bestehet in starken erschütternden Stössen unter der Erde, die das Loßreissen der vom Stamme entlegenen Wurzeln verursacht, darauf fängt das Erdreich um den Stamm herum in einem Raume, der oft 5 bis 6 Fuß. im Durchmesser hat, an sich zu heben: so bald man dieses merkt, muß man einen dicken hölzernen Keil, deren einige immer bey der Hand seyn müssen, unter die Haupt-Wurzel des Stammes, um welche die Kette gezogen ist, zu treiben suchen, alsdenn die Kette losmachen, den Hebe-Balken wieder in eine waagerechte Lage bringen, weil er in derselben das grösseste Vermögen hat, die Kette wiederum herum ziehen und die Hebung wiederholen.

Ich

Ich habe diese Versuche in einem fetten Boden gemacht, wo es starke und tiefeingedrungene Wurzeln gab: daher ist zu vermuthen, daß sie in einem andern minder fetten Boden leichter von statten gehen werden. Es giebt Wälder, in welchen starke Sturm-Winde die Eichen umwerfen, und sie mit ihren Wurzeln aus der Erde reissen: und hier, sollte ich meinen, müßten diese Versuche wenige Schwierigkeiten finden, und in kurzer Zeit viele Stämme ausgehoben werden können.

Die Aushebung eines ganzen Baumes mit seinen Zweigen, der nicht über 20 Fuß hoch ist, und dessen Stamm nicht über 2 Fuß im Durchmesser hat, gehet oft leichter von statten, als die Aushebung der blossen Stämme: denn so bald die Wurzel desselben einige Verruckung in ihrer Lage erlitten hat, kommt die Schwere der Zweige des Baums und der obere Theil seines Stammes der Maschine kräftig zu Hülfe, und befördert die Aushebung.

Ueberhaupt wird man, so bald einige Versuche gemacht worden sind, viele Vortheile ersehen, durch deren Anwendung die Arbeit erleichtert wird, und ich will nur noch dieses hinzu fügen, daß, wenn die Stämme nicht weit von einander lagen, ich gesehen habe, daß deren drey in zwo Stunden ausgehoben worden sind: und daß diese Versuche auch darum Aufmerksamkeit verdienen, weil sie zu verschiedenen wichtigen Beobachtungen Gelegenheit geben, die sich, wenn die Stämme ausgegraben und die bloß gegrabenen Theile abgehauen werden, wohl nicht finden

dürfte. Die Lage und Richtung der Zweige der Wurzel, die Lage und Gestalt der Pfal-Wurzel insonderheit, welche bisweilen senkrecht und bis zu einer ansehnlichen Tiefe in den Boden hinein dringet, der Kessel, den man, wenn der Stamm ausgehoben worden, vor sich siehet, und der bisweilen 5 oder 6 Fuß im Durchmesser hat, und bald mit Wasser, bald mit allerley Wohnungen und Genisten von Insekten und andern Thieren angefüllet ist, das alles und noch verschiedene andere merkwürdige Umstände die hier in die Augen fallen, geben einen lehrreichen Anblick, dessen man, wie es scheinet nur durch diese Versuche theilhaftig wird. Man weiß auch bey weiten noch nicht alles von der Natur-Geschichte der Eichen und anderer Bäume, wenn man nur das weiß, was mit ihnen über der Erde vorgehet. Ihre Wurzel ist einer ihrer vornehmsten Theile, und was derselben begegnet, ist und bleibet unter der Erde verborgen, und auf immer unbekannt, wenn es nicht auf diese Art entdeckt wird. Die Natur zeiget nicht nur dem, der sie in ihren Würkungen still und ruhig beobachtet; sondern auch dem, der sie gewaltsam angreift, merkwürdige Auftritte.

Die andere Art der Hebung, deren ich hier zu gedenken mir vorgenommen habe, betrift eine mechanische Einrichtung, vermittelst deren das Wasser durch den Druck sehr bequem gehoben werden kan. Man weiß diesen Zweck jetziger Zeit durch verschiedene Anlagen der Druckwerke zu erreichen, die zwar bekannt genug, aber nicht einfach genug, und vielleicht gar zu sinnreich ausgedacht, und zu künstlich zusammen gesetzt sind. Eine bekannte und gewöhnliche Einrichtung

tung, die auch an sich zwar einfach genug ist, bestehet darin: wenn die Kunst durch ein ober- oder unterschlägtiges Wasser-Rad in Bewegung gesetzt wird; so versiehet man die Welle des Rades mit einer Kurbel oder Krummzapfen, an welchen die Kolben-Stangen des Druckwerks angebracht werden. Daraus entstehet aber einige Unbequemlichkeit, die insonderheit alsdenn beschwerlich fällt, wenn das Wasser aus weiten Stiefel-Röhren bis zu einer grossen Höhe z. B. von 60 oder 70 Fuß gehoben werden soll. Die Krummzapfen müssen aus Eisen gegossen und sehr stark seyn, und sind also kostbar: über dem verursachen sie eine ungleiche Bewegung, weil das Rad nach Beschaffenheit der verschiedenen Richtungen, die die Krummzapfen wärend einer Herumdrehung gegen die bewegende Kraft erhalten, bald schwerer bald leichter gehet. Aus diesen Ungleichheiten entstehen Folgen, die der ganzen Maschine nachtheilig werden können. Dem allen sucht man dadurch abzuhelfen, daß man theils die schwachen Krummzapfen durch verschiedene mechanische Einrichtungen verstärkt, theils die Bewegung dadurch in einen gleichförmigen Gang zu bringen sucht: allein diejenigen von diesen Einrichtungen, die mir bekannt geworden sind, verursachen eine grosse Beschwerung des Wasser-Rades und der Bewegung selbst.

Um das alles zu vermeiden, habe ich folgende Veranstaltung versucht, und ziemlich vortheilhaft befunden: man mache die Welle des Rades $1\frac{1}{2}$ Fuß im Durchmesser dick, und verlängere sie auf einer oder nach Befinden auf beiden Seiten des Rades 3

bis 4 Fuß lang, vom Rade an gerechnet: mitten durch die Welle gehen zween Stücken Holz, die 6 Zoll ins Gevierte dick, und deren beyde Ende 2 bis 3 Fuß lang über die Welle hervor ragen; so wird sie vier Arme bekommen: man lege ferner, wenn das Druck-Werk zwo Stiefel-Röhren hat, zween Balken von beliebiger länge z. B. 6 Fuß lang neben der Welle des Rades waagerecht; so daß die verlängerte Richtung derselben senkrecht auf die Welle stoßt: sie dürfen nur eben so dick seyn als die Arme der Welle, und müssen neben einander parallel und so weit von einander entfernet seyn als die Arme der Welle, oder als die weite der Stiefel-Röhren von einander. Das von der Welle am weitesten entfernte Ende dieser Balken wird um einen Bolzen beweglich gemacht, so daß sie sich mit dem der Welle nahe liegenden Ende durch einen gewissen Raum auf und nieder bewegen können. In diesen Balken werden die Kolben-Stangen des Druckwerks befestiget. z. B. Tab. II. Fig. 18 sey w das Profil der Welle, w z, w s zween Arme der Welle, c a der waagerecht liegende Balken, der in c um einen Bolzen beweglich ist, b d die Kolben-Stange der Stiefel-Röhre, und d die Stiefel-Röhre selbst. Die beyden Enden der Arme werden in z und s mit hölzernen Rollen versehen, denn wenn der Arm w z den Balken c a niederdruckt; so wird die Reibung vermittelst der Rolle z vermindert. Man kan zween dieser waagerecht liegenden Balken gar leicht mit einander so verbinden, daß wenn der eine nieder gedruckt wird, der andere eben dadurch gehoben werde. Ich habe dieses vermittelst einer hölzernen Rolle bewerkstelliget, deren

Durch-

Durchmesser der Weite beyder Balken von einander gleich war, die über der Mitte zwischen beyden Balken angebracht, und an deren obersten Rande zwo eiserne Ketten v k befestiget waren, an deren jeder einer dieser Balken hieng: indem der eine niedergedruckt wurde, hub die Rolle den andern herauf. Diese Einrichtung hat folgende Vortheile.

1. Erfordert sie wenig Unkosten.

2. Ist sie leicht, die Bewegung gehet stille und sanft von statten, kein Theil der Maschine leidet Gewalt.

3. Ist sie vortheilhaft: man kan die Länge der Arme w z und w s ingleichen die Entfernungen der Kolben-Stangen b c vom Ruhe-Puncte c so groß oder so klein machen, als es die Umstände erfordern, und solcher gestalt das Wasser ohne Schwierigkeit bis zu derjenigen Höhe hinauf treiben, die die Weite der Stiefel-Röhren verstattet.

4. Wenn der Durchmesser des Rades groß, und die Höhe hingegen, bis zu welcher das Wasser gehoben werden soll, nicht groß ist; so kan man auf jeder Seite des Rades vier Stiefel-Röhren oder an der Welle acht Arme anbringen, und also das Wasser durch vier Steige-Röhren heben. Je dicker die Welle des Rades ist, desto kürzer dürfen die Arme seyn, und desto mehr sind sie dem grossen Widerstande des Wassers in weiten Stiefel- und hohen Steige-Röhren gewachsen. Es ist nicht zu vermuthen,

daß einer von den Theilen dieser Einrichtung so leicht abgenuzt oder schadhaft werden könnte: solte sich aber doch mit der Zeit dergleichen etwas begeben; so ist die Wiederherstellung leicht und ohne grosse Unkosten zu bewerkstelligen. Was aber die Stiefel-Röhren betrift; so muß die Weite und Dicke derselben im Metalle ein mal vor allemal nach Erfordern derjenigen senkrechten Höhe, zu welcher das Wasser hinauf getrieben werden soll, eingerichtet werden, und alsdenn werden sie wohl unverlezt bleiben.

Aber wenn ehe werden einige unserer heutigen Erbauer der Wasserkünste einmal lernen, daß die Weite den Steige-Röhre zu der Gewalt des Widerstandes, den das Druckwerk bey Hebung des Wassers zu überwinden hat, nichts beytrage, und daß die Grösse desselben lediglich von der Weite der Stiefel-Röhren und der senkrechten Höhe der Steige-Röhre abhange? Man solte ihnen, ehe sie sich an die Anlegung solcher Werke machen, den bekannten Versuch, der mit dem anatomischen Heber gemacht wird, anpreisen, und sie denselben so oft wiederholen lassen, bis es ihnen handgreiflich würde, daß die engste Steige-Röhre den Widerstand des Wassers, das gehoben werden soll, so wenig vermindere, als ihn die weiteste Steige-Röhre vermehret: und daß dieser Widerstand nur der Schwere einer Wasser-Säule gleiche, deren Grund-Fläche der Weite der Stiefel-Röhren, und deren Höhe der senkrechten Höhe der Steige-Röhre gleich ist. Daraus folget denn freylich, daß die Weite und Länge der Steige-Röhre

völlig

völlig gleichgültig sey, und bey Bestimmung der Grösse des von dem Wasser zu erwartenden Widerstandes, und der Grösse der Kraft die zu dessen Hebung erfordert wird, gar nicht in Beobachtung kommen könne.

Noch einen Umstand, der die Druckwerke betrift, will ich hier anführen. Weil zwischen dem Aufhören des Drucks in der einen Stiefel-Röhre und dem Anfange desselben in der andern allemal eine merkliche Zeit verfliesset; so giesset die Steige-Röhre auch nur ruckweise oder mit unterbrochenen Güssen, wenn gleich alle Theile der Maschine mit der möglichsten Genauigkeit eingerichtet sind. Man hat also um ein ununterbrochenes Giessen der Steige-Röhre zu befördern folgenden Vorschlag gethan, Tab. II. Fig. 9. sey a b ein Theil der vom Druckwerke herauf kommenden Steige-Röhre, man bringe in einer gewissen Höhe derselben z. B. von 40 bis 50 Fuß ein Behältniß b c d g an, welches allenthalben verschlossen ist. Durch den obern Theil desselben in b dringet, die Steige-Röhre ohne weitere Verlängerung hinein, doch so, daß alles um b herum sorgfältig verschlossen sey, und aus dem Gefässe keine Luft heraus dringen könne. In dem obersten Gipfel des Gefässes wird der obere Theil der Steige-Röhre f g h befestiget, so daß das Gefäß um sie herum auch sorgfältig verschlossen sey, und diese Röhre bey nahe bis auf den Boden des Gefässes hinab reiche: und auf diese Art glaubt man ein ununterbrochenes Giessen der Steige-Röhre in h befördert zu haben. Denn wenn das Wasser sich durch die Oefnung b ergiesset; so kan die

in dem Gefässe b c d g vorhandene und eingeschlossene Luft nicht ausweichen, sie wird also zusammen gedruckt, und nöthiget das Wasser durch die Röhre f g h hinauf zu steigen: wird sie nun durch das widerholte Ergiessen der untern Steige-Röhre in b in dem Zustande einer beständigen Zusammendruckung erhalten; so muß sie auch das Wasser in der Röhre f g h durch einen ohne Unterbrechung fortwährenden Druck hinauf treiben.

Ich habe von diesem Vorschlage Gebrauch gemacht, und das Gefäß b c d g zu dem Ende aus starken Meßing-Blech verfertigen, auch die beyden Röhren in b und g sorgfältig anlöthen lassen, so, daß ich versichert war, die Luft sey in dem Gefässe völlig eingeschlossen: allein der Erfolg war der Erwartung nicht gemäß. Die ganze Anstalt gereicht zwar der Maschine zu keinen Nachtheil, und vermehret die Schwierigkeiten bey der Hebung des Wassers gar nicht, verursacht auch nicht die geringste Vermehrung des Widerstandes: aber sie nutzet auch zu nichts, denn das Wasser ergiesset sich demohngeachtet aus der obersten Mündung der Steige-Röhre in h ruckweise: und man kan auch leicht erachten, daß die Luft sich derjenigen Zusammendruckung, die sie durch das in b sich ergiessende Wasser leidet, gar bald zu entledigen, und daß sie, gleich wie sie nur ruckweise zusammen gedruckt wird, also auch das Wasser auf eben die Art sich durch die Röhre f g h zu ergiessen nöthigen werde, dafern sie nicht durch eine anderweitige Kraft oder Einrichtung in den Zustand einer fort-

währen-

währenden Zusammendruckung gesetzt wird, welches aber bey hohen Steige-Röhren eine Sache von solchen Weitläuftigkeiten und Unkosten ist, die durch den Vortheil eines ununterbrochenen Ergiessens bey weiten nicht ersetzt werden.

Ob einer Feuer-Sprütze dieser Vorzug auf die gemeldete Art ertheilet werden könne, ist, wo ich nicht sehr irre, schon verschiedentlich versucht worden, ob es aber gelungen sey, weiß ich nicht, und seitdem ich diesen Versuch gemacht, habe ich angefangen daran zu zweifeln. Ich bin aber doch der Meinung, daß man ihr, wenn sie mit einem solchen ganz aus Metall gegossenen Gefässe versehen ist, diese Vollkommenheit dadurch zu Wege bringen könne, wenn man ihre Steige-Röhre da, wo die innere Weite derselben abnimmet, mit einem Hahn versiehet, dessen Oefnung der inneren Weite der Röhre gleich ist: denn wenn man bey Verschliessung desselben die Luft in dem Gefässe b c d d durch einige Ergiessungen der beyden Stiefel-Röhren zusammen gedruckt hat, wird das Wasser sogleich nach dessen Eröfnung mit der äussersten Heftigkeit und in grosser Menge aus der Steige-Röhre heraus dringen, und eine schleunig fortgesetzte Ergiessung der Stiefel-Röhren würde den Guß der Sprütze eine Zeitlang in einem Zuge erhalten. Wenigstens würde eine auf diese Art eingerichtete Feuer-Sprütze den Vorzug haben, daß das Wasser sogleich bey ihrer ersten Ergiessung zu einer Höhe hinauf getrieben würde, die eine andere von der gewöhnli-

wöhnlichen Einrichtung nicht erreichen kan: und durch eine behutsam wiederholte Verschliessung des Hahns würde die Würkung dieses Vorzuges in kurzer Zeit sehr oft erneuert werden können.



Der

Der siebende Versuch.

Von der Dampf=Kugel.

Die Dampf-Kugel und deren Eigenschaften sind bekannt, die Würkungen davon aus denen damit gemachten Versuchen gleichfalls, daher bedarf das alles keiner Wiederholung: nur habe ich Gelegenheit gehabt, einige besondere Versuche damit zu machen, die zum Theil, meines Wissens, so bekannt nicht sind, zum Theil aber auch so merkwürdig und wichtig, daß es dem Leser verhoffentlich nicht mißfallen wird, wenn ich hier etwas melden solte, dessen andere vor mir schon gedacht haben, ob ich mich gleich nicht erinnere etwas davon gelesen zu haben. Doch dergleichen Sachen verdienen auch wohl eine wiederholte Untersuchung: und denen zu gefallen, die die wesentliche Einrichtung und den Gebrauch der Dampf-Kugel so genau nicht wissen, will ich zuförderst nur etwas weniges davon anführen.

Ich ließ eine Dampf-Kugel aus Kupfer verfertigen, die 8 Zoll im Durchmesser hatte: und wenn die Kugel von solcher Grösse ist, so läst man ein Loch von einem halben Zoll im Durchmesser hinein bohren, und z. B. Tab. I. Fig. 3. in A eine kupferne Röhre darauf löthen, deren Weite im Lichten da, wo sie angelöthet wird, eben so groß ist als die Oefnung in der Kugel. Die Länge der Röhre ist gleichgültig: an dieser Dampf-Kugel war sie 9 bis

10 Zoll

10 Zoll, und krum gebogen. Die innere Weite der Röhre muß abnehmen, so wie sie sich von der Kugel entfernet, und die äusserste Ofnung derselben, hatte an der meinigen eine Lienie im Durchmesser. Doch kan und muß sie grösser seyn, wenn die Kugel grösser ist.

Ich habe eine Dampf-Kugel gesehen, die drey Fuß im Durchmesser hatte, und aus zwo gegossenen kupfernen Halb-Kugeln zusammen gesezt war. Der grösseste Durchmesser ihrer gleichfalls gegossenen krumm-gebogenen Röhre war dem äussern Ansehen nach, 2 Zoll, und der Durchmesser der äussersten Oef-nung vier Linien. Die Würkungen dieser Dampf-Kugel müssen erstaunlich gewesen seyn: doch habe ich nie Gelegenheit haben können, denen damit gemachten Versuchen zuzusehen, und vieleicht sind auch da, wo ich sie gesehen habe, nie einige Versuche damit ge-macht worden: vielmehr besorge ich, daß das Unglück des leztern Krieges auch dieses seltene Kunst-Stück zu Grunde gerichtet habe. Ich habe aber wichtige Ursachen desselben hier zu gedenken, und werde sie in der Folge anführen.

Wenn die Dampf-Kugel ihre gewöhnlichen Dien-ste leisten soll; so muß sie entweder ganz oder zum Theil mit Wasser angefüllet seyn. Zu dem Ende legt man sie auf glüende Kohlen, von welchen sie bis zu dem Grade erhizt werden muß, daß die Luft mit einigen Gezische herausfähret, oder wenigsten bis sie so heiß geworden, daß man sie mit blosser Hand nicht mehr berühren darf: alsdenn taucht man die äusser-

äusserste Oefnung der krummgebogenen Röhre B schleunig in kaltes Wasser, und nimmt die Kohlen unter der Kugel weg. Nach einiger Zeit, wenn sie beginnt sich abzukuhlen, höret man das Wasser mit einigen Geräusche in die Kugel hinein fahren. Denn so lange sie auf dem Feuer lag, wurde die in ihr vorhandene Luft ausgedähnet, und gröstentheils heraus getrieben: nunmehro da sie kalt wird, fällt diese Ausdähnung weg, und da sie der Luft mehrentheils entlediget ist; so kan die wenige in ihr zurückgebliebene der äussern nicht mehr das Gleichgewicht halten, daher gewinnet diese das Uebergewicht, und dränget das Wasser in die Kugel hinein, um den Raum, der die herausgetriebene Luft einnahm, auszufüllen. Je länger also die Kugel erhizt worden, desto mehr Wasser dringet hinein. Wenn dieses geschehen, und von den Würkungen der Dampf-Kugel Gebrauch gemacht werden soll; so legt man sie wiederum auf glüende Kohlen, so daß die Oefnung, an welcher die krumme Röhre angelöthet ist, den obersten Scheitel der Kugel ausmacht. So bald das Wasser in der Kugel zu kochen anfängt, fahren die Dämpfe mit einem starken Geräusche heraus, und die Bewegung derselben ließ sich an derjenigen Kugel, deren ich mich bediente, in der Weite von 1½ Fuß von der äussersten Mündung der Röhre, wie ein kühler Wind empfinden. Dieses währete bey nahe eine Stunde lang fort, so lange nemlich noch Wasser in der Kugel vorhanden war.

Daß dieses nun eine sonderbare Würkung der Hitze sey, dadurch eine so ansehnliche Menge Wassers

ganz und gar in Dünste verwandelt wird, und daß bey dieser Zerdünstung des Wassers eine sehr grosse Menge Luft aus dessen Bestand-Theilen hervor breche, die durch die Hitze bis zu einen sehr hohen Grade ausgedähnet wird, und vermittelst dieser ihrer Kraft die Dämpfe mit solcher Heftigkeit aus der Kugel heraus stosset, und mit ihnen zugleich so anhaltend heraus fähret, daß sie die Stelle eines ununterbrochen fortblasenden Blase-Balgs durch welchen das Feuer mit grosser Gewalt angeblasen wird, vertreten kan, das alles läst sich bey aufmerksamer Betrachtung dieses Versuchs leicht wahrnehmen, und bedarf meiner Erläuterungen nicht. Es begab sich aber einige mal, daß das Wasser in der Kugel ins kochen gerieth, und dennoch keine Dämpfe heraus fuhren: da dieses leztere sonst sogleich beym ersten Anfange des Kochens zu geschehen pfleget; so befremdete mich dieser Umstand: zu allen Glück aber gerieth ich noch bey Zeiten auf die Besorgniß, daß die enge Mündung der Röhre verstopft seyn möchte, welches z. B. durch ein sehr kleines Sand-Körnlein geschehen kan: ich eilte also dieses Hinderniß hinweg zu schaffen, und habe gesehen, daß die Dämpfe sogleich nach wieder hergestellter Oefnung der Röhre in einem fünf bis sechs Fuß langen sichtbaren Strahle mit der äussersten Heftigkeit, und wie ein Wind aus der Kugel heraus gefahren. Weil aber dergleichen Vorfälle bey einer so grossen Dampf-Kugel leicht traurige Würkungen nach sich ziehen könnten, zumal wenn die Kugel, wie es bisweilen auch nöthig ist, auf ein starkes Kohl-Feuer gelegt wird; so ist es einem jeden, der diese Versuche macht, sehr an-

zurathen

zurathen dahin zu sehen, daß die enge Mündung der Röhre niemals verstopfet seyn möge, wovon man sich durch Hineinblasen in die Kugel, ehe man sie auf die Kohlen leget, versichern kan.

Nun will ich einige besondere Versuche, die ich mit der Dampf-Kugel gemacht, ausführlicher beschreiben.

Ich war begierig den Regen-Bogen zu sehen, der sich in den Dünsten der Dampf-Kugel zeiget, wenn sie auf gehörige Art in der Luft ausgebreitet werden: und ich habe gefunden daß dieser künstliche Regen-Bogen an Lebhaftigkeit der Farben mithin auch an Pracht und Anmuth den natürlichen übertreffe. Der Regen-Bogen ist in beyden Fällen das Werk des grossen Schöpfers: nur können Menschen es hier durch Verbindung der Umstände dahin bringen, daß er nach den Gesetzen der Natur viel prächtiger erscheinen muß, weil man es in seiner Gewalt hat ihn auf eine solche Art vorzustellen, dadurch seine Farben mehr als durch die dunkeln Wolken, in welchen man den natürlichen Regen-Bogen siehet, erhöhet werden, zumal wenn man diejenige Gelegenheit des Orts haben kan, deren ich mich bey diesen Versuchen bedienet.

Ich erwählete dazu den Eingang eines grossen und geräumigen Brau-Hauses, in welchem alles schwarz anzusehen war, und auch selbst durch das hineinfallende Sonnen-Licht nichts so sichtbar gemacht wurde, daß es bey der Betrachtung dieses Regen-Bogens hätte in die Augen fallen können: ob es gleich die Vorstellung desselben erforderte, daß die Sonne durch den

Eingang grade in das Gebäude hinein scheinen mußte. Diese Umstände des Orts thaten hier das mehreste bey der Sache. Denn in dem Raume eines grossen Hauß-Flurs, oder eines andern Gebäudes, das inwendig so schwarz nicht ist, fällt diese Erscheinung bey weiten so prächtig nicht in die Augen, weil die Wände, gegen welche man siehet, so viel Licht zurück werfen, auch andere Gegenstände so helle in die Augen fallen, daß die Lebhaftigkeit der Farben dadurch vermindert wird.

Es wird aber auch überdem eine beträchtliche Höhe erfordert, zu welcher die Dünste der Dampf-Kugel durch die Hitze hinauf getrieben werden müssen, wenn man diese anmuthige Erscheinung in einer bequemen Stellung und mit Gemächlichkeit betrachten will, und dazu ist eine grosse Dampf-Kugel, die viel Wasser und viel Luft zugleich in sich fassen kann, nöthig. Je grösser der darin vorhandene Vorrath von Luft ist, desto grösser ist die ausdähnende Kraft derselben, wenn sie erhitzt wird: und je grösser die Fläche des Wassers in der Kugel ist, gegen welche die Luft würket, desto grösser ist auch die Kraft mit welcher das Wasser durch die Mündung der Röhre heraus fähret, und desto beträchtlicher ist die Höhe, zu welcher es hinauf steiget.

Bey allen andern Versuchen fähret die Luft selbst aus der Dampf-Kugel heraus: bey diesem hingegen wird die Kugel in einer solchen Stellung auf die Kohlen gelegt, daß die inwendige Mündung der Röhre mit Wasser bedeckt, und der in der Kugel vorhandenen Luft der Ausgang versperret wird: daher wurde sie durch die Hitze dermaaßen ausgedähnet, daß das

herausfahrende Wasser bey diesen Versuche bis zu einer Höhe von 12 Fuß hinauf stieg, und sich in die feinsten Dünste zertheilete, die sich dergestalt ausbreiteten, daß der Eingang des vorhingedachten Gebäudes damit ausgefüllet wurde.

Um diese Würkung zu befördern muß die Kugel bey der Zubereitung dieses Versuchs bis zur Hälfte mit Wasser angefüllet und auf ein starkes Kohl-Feuer dergestalt gelegt werden, daß das äusserste Ende ihrer Röhre mit dem Horizonte einen Winkel von 50 bis 60 Graden macht. So bald das Wasser anfängt zu kochen, treibt die in der Kugel über denselben stehende Luft einen schnellen Wasser-Strahl bis zu der vorhin gemeldeten Höhe heraus, von welchen man jedoch, weil das Wasser in demselben beysammen bleibt, noch keine Vorstellung des Regen-Bogens zu erwarten hat: er dienet aber dazu, daß man der Röhre die gehörige Richtung geben kan. Unterdessen nimmt die Erhitzung der Kugel zu, und die ausdähnende Kraft der Luft treibt endlich das Wasser mit einer solchen Heftigkeit heraus, daß es nicht mehr in einem sichtbaren Strahle beysammen bleibt; sondern sogleich an der Mündung der Röhre wie ein feiner Staub zerstreuet und durch einen sehr grossen Raum ausgebreitet wird. Der die Sonne grade im Rücken habende Zuschauer tritt alsdenn bey obiger Grösse der Dampf-Kugel und ihrer Würkungen in einer Entfernung von zwey Schritten vor diesen Raum, und muß die Sonne in einer Höhe von 40 bis 50 Graden über den Horizonte hinter sich haben, wenn er den Regen-Bogen aufgerichtet stehend sehen will. In dieser Lage und Verbindung der Um-

N 2 stände

stände habe ich ihn in einer Grösse gesehen, die den inwendigen grossen Raum des vorhin gedachten Gebäudes ausfüllete, und überaus prächtig und lebhaft: er zeigete auch allemahl einen sehr hellen Gegenschein, der doch bey dem natürlichen Regen-Bogen nur selten gesehen wird, und in einem demselben vollkommen parallelen anderweitigen Bogen bestehet, der aber völlig ohne Farben ist, auch nur in einem ganz weissen Lichte strahlet.

Weil der Versuch sich so einrichten läßt daß die fürtrefliche Erscheinung dieses Regen-Bogens über eine Viertel-Stunde lang in aller Gemächlichkeit betrachtet werden kan, so findet sich hier auch Gelegenheit die erforderlichen Instrumente der Meß-Kunst dergestalt anzubringen, daß man eine genaue Beobachtung der Winkel, unter welchen der Regen-Bogen überhaupt und dessen Gegenschein, und eine jede Farbe des Regen-Bogens insonderheit gesehen wird, bewerkstelligen kan, um so viel mehr, weil eine jede dieser Farben sehr lebhaft und deutlich erscheinet, und also von den übrigen leicht unterschieden wird.

Verschiedene andere Versuche, die ich mit der Dampf-Kugel machte, gaben mir Anleitung auf eine besondere Würkung derselben aufmerksam zu seyn. Diese bestand darin, daß wenn ich sie in einen verschlossenen Raum hinein blasen ließ; die in demselben vorhandene Luft dadurch sehr stark ausgedähnet wurde, welches ich lediglich der Wärme, die die aus der Kugel heraus fahrenden Dämpfe mit sich führen, und der aus dem kochenden

Wasser

Wasser hervor dringenden Luft zuzuschreiben, ohne den Dünsten, an und vor sich betrachtet, etwas davon beyzumessen. Diese Bemerkung gab Gelegenheit zu einigen merkwürdigen Versuchen, die ich hernach beschreiben werde: insonderheit aber zeigete sich hier ein leichtes und sehr bequemes Mittel die Luft in einem Gefässe auszudähnen ohne dasselbe aufs Feuer zu bringen.

Die Wärme ist, wie bekannt, das einzige Mittel, dessen man sich zur Ausdähnung der in ihrem natürlichen Zustande sich befindenden Luft bedienen kan, und es giebt bey physischen Versuchen bisweilen Gelegenheiten, die einen vortheilhaften Gebrauch dieser Ausdähnung erfordern: da ist es aber nicht allemahl rathsam, und denen Gefässen, deren man sich dazu bedienet, zuträglich, daß man sie aufs Feuer bringet. Wir haben hier also ein Mittel, bey dessen Gebrauche man dieser Schwierigkeiten überhoben ist, und dadurch die Luft in einem jeden verschlossenen Gefässe so schleunig und so heftig ausgedähnet wird, wie man es von der gewöhnlichen Würkung der Wärme nicht erwarten darf. Jedoch da die aus der Kugel heraus fahrenden Dämpfe sich in einiger Entfernung von der Mündung derselben, als eine kühle Luft empfinden lassen; so könnte es zweifelhaft zu seyn scheinen, ob diese Ausdähnung auch als eine Würkung der Wärme anzusehen sey? Man siehet aber leicht, daß die Umstände sehr verschieden sind wenn die Dampf-Kugel in die freye Luft und wenn sie in einen verschlossenen Raum hinein bläset. Im ersten Falle zerstreuet und verliehret sich die Wärme in der freyen Luft, und die Dämpfe werden kühle; im andern Falle durchdringet sie die nahe gelegenen Theile des

verschlossenen Gefässes und erwärmet selbige: weil nun dadurch der Uebergang der Wärme aus den Dämpfen gehemmet wird; so behalten sie Hitze genug um die in dem verschlossenen Raume vorhandene Luft ausdähnen zu können, und die mit den Dämpfen aus der Kugel herausfahrende Luft kommt ihnen darin zu Hülfe.

Doch würde die leztere ohne jene Wärme sehr wenig ausrichten. Ich habe dieses aus einigen der folgenden Versuche abgenommen, deren Absicht es erforderte, daß der verschlossene Raum in welchen ich die Dampf-Kugel hinein blasen ließ, grossen Theils mit Wasser angefüllet werden mußte. Hier war nun der Raum über den Wasser sehr klein, und die Dampf-Kugel hätte allen Ansehen nach die wenige in demselben eingeschlossene Luft um so viel schleuniger ausdähnen sollen: allein das geschahe nicht; sondern sie bließ einige Minuten lang, ehe sich eine merkliche Ausdähnung verspüren ließ, und diese erfolgete nicht eher, bis das Gefäß und das Wasser in demselben durch die Dämpfe merklich erwärmet worden war. Das läßt sich nun auch leicht begreifen: der Uebergang der Feuer-Theile und die Geschwindigkeit desselben richtet sich nach der Kälte und Dichtigkeit der Materien, in welche die Wärme übergehet, und erfolget um so viel schleuniger, je dichter und kälter diese Materien sind. Wenn also die Dämpfe der Kugel in ein mit Wasser angefülltes Gefäß hinein dringen; so wird ihre Hitze zuförderst in das Wasser übergehen, und dasselbe bis zu einen merklichen Grade erwärmen müssen, ehe die Ausdähnung der über diesen Wasser stehenden Luft erfolgen kan.

Die

Die Bemerkung dieses Umstandes ist bey Versuchen von dieser Art sehr nöthig, denn ohne sie wird man sich nicht darein zu finden wissen, wie es zugehe, daß die in einem leeren Gefässe so schleunig und in einem so hohen Grade erfolgende Ausdähnung der Luft eine Zeitlang gar zu unterbleiben scheinet, wenn das Gefäß zum Theil mit Wasser angefüllet ist: man wird auf den Argwohn gerathen als wären diese Würkungen der Dampf-Kugel ungewiß, und als beruheten sie auf einem blossen Ohngefähr, das man nicht in seiner Gewalt habe. So ist es mir auch ergangen, bis ich durch Bemerkung des gedachten Gesetzes, nach welchen sich der Uebergang der Wärme richtet zur Hebung dieser Ungewißheiten Anleitung bekommen. Man setze, es finde ein auf gehörige Art, die ich hernach beschreiben werde, eingerichteter beständiger Zufluß des Wassers in ein Gefäß statt; so wird die Dampf-Kugel, so lange das Gefäß und das Wasser in demselben kalt ist, hinein blasen ohne eine merkliche Ausdähnung der Luft zu verursachen: ist das Gefäß aber einmahl erwärmet, und hat das in das Gefäß hinein fliessende Wasser gleichfalls durch eine sehr leicht zu machende Einrichtung, die ich auch hernach beschreiben werde, schon vorher einen merklichen Grad der Wärme erhalten; so erfolget die von der Dampf-Kugel erwartete Ausdähnung der Luft sogleich, und zwar so stark, daß die wenige über dem Wasser stehende Luft eine Würkung gegen dasselbe beweiset, die man in diesen Umständen schwerlich vermuthen sollte. Ich werde dieses alles durch einen der folgenden Versuche erläutern und hoffe hiermit einmahl vor allemahl die Schwierigkeiten gehoben zu haben, die demjenigen, der diese Versuche nach-

machen wolte, sogleich im Anfange der Bewerkstelligung derselben vieles zu schaffen machen würden.

Um indessen zuförderst überhaupt zu wissen, ob sich diese Ausdähnung bis zu einen beträchtlichen Grade der Stärke bringen lasse, ließ ich aus Meßing-Blech einen Cylinder ABCD Tab. II. Fig. 4. verfertigen, dessen Höhe 8 Zoll und der Durchmesser 6 Zoll betrug: unten war der Boden angelöthet, oben aber blieb der Cylinder offen. Unmittelbar über den Boden ließ ich eine meßingene Röhre DF anlöthen, die 4 bis 5 Linien im Durchmesser hatte und 2 Fuß lang war. In diese Röhre steckte ich den Hals der Dampf-Kugel hinein und verwahrete die Fuge in F mit angefeuchteter Rinder-Blase: oben über die Oefnung des Cylinders band ich eine sehr starke angefeuchtete Schweins-Blase. In diesem Zustande ließ ich alles bis den folgenden Tag stehen, da die Schweins-Blase völlig ausgetrocknet, sich um den obern Rand des Cylinders fest angeschlossen hatte, und über denselben wie ein Trommel-Fell sehr straf ausgespannet war: alles war so dichte, daß es nun nicht mehr möglich war die Blase von den Cylinder abzusondern ohne sie entweder ganz zu befeuchten, oder auch zu zerreissen.

Es ist nöthig bey diesen Versuchen der Blase so viel Zeit zu lassen, daß sie vorher wohl austrocknen könne: widrigenfalls wird sie sich unvermerkt unter den Faden, mit welchem sie angebunden ist, hervorziehen, und der Versuch wird mißlingen.

Darauf legte ich die Dampf-Kugel auf glüende Kohlen, und sobald das Wasser in derselben zu kochen

anfieng,

anfieng, wurde die Blase auf den Cylinder erhaben, jedoch ohne warm zu werden, und sogleich zersprang sie mit einem starken Knalle. Diese so schleunige Würkung der Dampf-Kugel schien mir erheblich zu seyn, und nachdem ich mich von dem gewissen Erfolge derselben durch mehrere Versuche versichert hatte, erwartete ich Gelegenheit um davon Gebrauch machen zu können.

Diese fand sich nun zwar bald, aber gar nicht so, wie ich sie erwartet hatte, und ich wurde durch gewisse Umstände genöthiget Versuche zu machen, die zwar sehr kostbar, aber meiner Denkungs-Art und meinem Geschmacke gar nicht gemäß waren. Indessen wurden sie von verschiedenen Kennern dieser Sachen einer besondern Aufmerksamkeit gewürdiget, auch eräugeten sich dabey einige Umstände, die zur nähern Kenntniß der Würkungen der Dampf-Kugel etwas beytragen können, und bloß darauf gründet sich meine Hofnung daß eine kurzgefaßte Nachricht davon dem Leser nicht zuwider seyn werde.

Zu der Zeit, da ich in Bewerkstelligung einiger Versuche von dieser Art begriffen war, war alles mit den Nachrichten von dem schrecklichen Erd-Beben erfüllet, welches **Lissabon** im Jahr 1754 verwüstet hat. Der Herr Abt **Steinmetz** nahm daher Gelegenheit von mir zu verlangen; ich solte die Ursachen des Erd-Bebens erklären, und diese Erklärungen durch öffentliche Versuche bestätigen. Ich hatte sehr vieles dawider einzuwenden, und versicherte daß Kenner dieser Sachen auch mit den scheinbaresten Erklärungen der geschicktesten Natur-Forscher nicht, am allerwenigsten mit

den meinigen, zufrieden seyn würden: die Sache sey zu groß, zu sonderbar, die Ursachen davon zu verborgen, und die bey deren Würkung vorkommenden Umstände zu mannigfaltig, als daß sich das alles erklären oder durch Versuche erörtern lasse: daher würden alle zu dem Ende zu machende kostbare Veranstaltungen der Sache kein Genüge leisten, und schwerlich den Namen einer Nachahmung der Natur verdienen! Es seye gleichwohl bekannt, fuhr der Herr Abt fort: daß die unterirrdischen Entzündungen als Ursachen der Erd-Beben angesehen würden, ob ich nicht auch der Meinung wäre? ich antwortete: Ja! Nun diese Hypothese, erwiederte er, solte ich durch Versuche rechtfertigen.

Um diesem Verlangen zu willfahren mußte ich mich also entschliessen die Sache auf irgend einige Art zu bewerkstelligen: und die auf solche Veranlassung gemachten Versuche will ich hier kürzlich beschreiben, ohne mich darauf einzulassen: ob ich die Wahrheit der Sache erreicht, und die geheimen Würkungen, durch welche die Natur diese schrecklichen Begebenheiten verursachet, glücklich oder unglücklich nachgeahmet habe. Das alles überlasse ich dem Urtheile des Lesers, und bin damit zufrieden, daß ich hier Gelegenheit habe verschiedenes von den Würkungen der Dampf-Kugel anzuführen, das Aufmerksamkeit verdienet. Weil auch an der besonderen Einrichtung derjenigen Maschine, die ich bey dieser Gelegenheit verfertigen ließ, wenig gelegen ist; so will ich den Leser damit nicht aufhalten; sondern es nur bey einer kurzen Nachricht von der Sache überhaupt bewenden lassen.

Ich

Ich ließ aus dicken Meßing-Blech einen im Feuer gelötheten Cylinder verfertigen, der irgend einen unter der Erde vorhandenen Feuer-Heerd vorstellen solte. An der Grösse desselben ist, so wie in der Natur, also auch in der Nachahmung derselben, wenig gelegen: indessen hatte der zu dieser Vorstellung bestimmte Cylinder 4 Zoll im Durchmesser und war 2 Zoll hoch. Er war oben und unten verschlossen: auf den Seiten aber hatte er einige runde Oefnungen jede von 5 bis 6 Linien im Durchmesser, und an jede derselben war eine meßingene Röhre von eben der Weite angelöthet. Diese Röhren aber waren von verschiedenen Gestalten und Längen; so wie es die Gelegenheit und Absicht der ganzen Einrichtung erforderte: einige darunter waren 5 bis 7 Fuß lang. Eine von diesen Röhren hatte 2 Fuß Länge, und an ihr wurde die Dampf-Kugel auf oben gemeldete Art befestiget, so daß sie in den vorhin erwähnten meßingenen Cylinder hinein bließ.

Darauf ließ ich aus Holz eine grosse Einfassung aller dieser Zurüstungen verfertigen, die eine waagerechte Lage hatte, auf deren obersten Fläche sich Erhöhungen und Vertiefungen befanden, und die also einen Theil der Oberfläche der Erde vorstellen konnte. Unter dieser Fläche ließ ich verschiedene Räume anlegen deren Seiten aus Meßing bestunden, und die die Stellen der in der Erde vorhandenen Gewölber vertreten solten. Ein jedes dieser Gewölber war entweder oben oder unten, oder auf einer von seinen Seiten offen, und über jede dieser Oefnungen wurden auf oben gemeldete Art sehr starke Blasen gebunden. Diese nachahmenden Gewölber hatten 8 bis 10 Zoll Höhe,

5 bis 6 Zoll Weite, und insgesamt stunden sie mit einander und vermittelst der gedachten meßingenen Röhren, welche die in der Erde verborgenen Canäle vorstellen solten, mit obigen im Feuer gelötheten Cylinder als mit ihrem gemeinschaftlichen Feuer-Heerde in Verbindung. Eine jede dieser Röhren war mit einem meßingenen Hahn versehen, den man nach Erfordern der Vorstellung eröfnen oder verschliessen konnte: und hierin muß und kann man annehmen, daß die Natur dergleichen Eröfnungen und Verschliessungen durch Sprengung und Verschüttung der unterirrdischen Gewölber zu bewerkstelligen wisse.

Auf der Mitte dieser grossen Fläche befand sich die Vorstellung eines Berges, der auf einem mit Wasser angefüllten Gewölbe ruhete, von welchem verschiedene verborgene Wasser-Leitungen ausgiengen, die hin und wieder in dem Umfange dieses Berges ihre Mündungen hatten: und diese solten Brunnen und Quellen vorstellen. Eine von den Röhren des im Feuer gelötheten Cylinders hatte mit der über dem Wasser dieses Gewölbes stehenden Luft Gemeinschaft, und also war dieser im Feuer gelöthete Cylinder derjenige Ort, von welchem sich alle Kräfte und Bewegungen durch diese ganze Maschine ausbreiteten.

Ich überlasse es dem Leser von dieser Einrichtung nach Belieben zu urtheilen: man wird doch aber wenigstens so viel daraus ersehen, daß ich dabey nicht nach blosser Willkühr zu Werke gegangen sey. Das Daseyn verborgener Gewölber in der Erde läßt sich auf mehr als eine Art beweisen: die Verbindung dieser Gewölber mit einander durch verborgene Canäle wird

selbst

selbst durch die Bemerkung des Umfangs der Erd-Beben, und der grossen Entlegenheit der Orte von einander, an welchen sie zu gleicher Zeit verspüret werden, höchst wahrscheinlich: man weiß es daß die Stösse, die Erschütterungen und die schwankenden Bewegungen der Erd-Beben nach verschiedenen Richtungen erfolgen, daß sie von allerley Bewegungen der Gewässer der Erde, abwechselnden Ergiessungen und Verstopfungen der Brunnen und Quellen begleitet werden, daß sie mit dem Feuerspeyen der Berge, mit dem Zerspalten und Versinken derselben in Verbindung stehen, und daß man dieses alles als mannigfaltige Würkungen der Erd-Beben ansehen müsse. Wenn man nun eine Natur-Begebenheit erklären, und diese Erklärungen durch nachahmende Versuche bekräftigen will; so muß sie freylich in dem ganzen Umfange ihrer Würkungen betrachtet, und die vorausgesetzte oder angenommene würkende Ursach derselben als hinreichend vorgestellet werden, und durch Verbindung der Umstände, unter welchen sie sich würksam beweisen soll, Gelegenheit gewinnen, alle diese mannigfaltigen Würkungen hervor bringen zu können. Auch ist die auf einem Kohl-Feuer liegende und in ihren Würkungen begriffene Dampf-Kugel einer unterirrdischen Entzündung, sie entstehe wie und unter welchen Umständen sie wolle, meines Erachtens sogar unähnlich nicht: es ist die Vorstellung einer durch Hitze und durch warme Dämpfe ausgedähnten Luft, und das begreift, so viel ich einsehe, das Wesentlichste in sich, das man dabey denken kan, wenn man die Erd-Beben als Würkungen unterirrdischer Entzündungen ansiehet. Alle diese Betrachtungen zusammen genommen gaben

zu obiger Einrichtung die Anleitung und die Reguln an die Hand, nach welchen ich dabey zu verfahren mir vornahm. Ich hoffe also nichts nach blossen Willkühr eingerichtetes in die Sache hinein gemischt zu haben, ausgenommen in sofern ich eine solche Natur-Begebenheit durch eine solche Nachahmung vorzustellen gesucht: allein das hatte seinen Grund in der oben gemeldeten Veranlassung.

Und nun wird man leicht errathen können, worin die Vorstellungen dieser Nachahmung bestanden, und wie sie anzusehen gewesen. Die Dünste der Dampf-Kugel durchdrungen und erfülleten die Gewölber und die Canäle durch welche diese Gewölber mit einander Gemeinschaft hatten: darauf erfolgeten Würkungen die denen mit einem jeden Gewölbe gemachten Einrichtungen gemäß waren: bald wurde ein verborgenes Gewölbe durch die Gewalt der ausgedähnten Luft gesprenget: und es erfolgete ein Stoß oder Erschütterung: bald wurde ein Gewölbe auf welchem ein Berg ruhete, gesprenget, und derselbe versank entweder oder sein Gipfel wurde geöfnet, und er spie Dämpfe aus: bald drang die ausgedähnte Luft in ein mit Wasser angefülltes Gewölbe, und das Gewässer desselben wurde genöthiget sich in hin und wieder angelegten Quellen zu ergiessen, u. s. w.

Aber wie leicht könnte es nicht einem ernsthaften Leser einfallen mich zu beschuldigen: ich hätte hier gespielet! Ich finde mich also genöthiget zu Ablehnung dieser Beschuldigung die Fragen zur weitern Ueberlegung anheim zu stellen: ob ich den innern Bau der Erde unrichtig vorgestellet? ob ich Veränderungen desselben angenom-

angenommen, die der Natur und denen Würkungen der Kräfte, welche die Erd-Beben allen Ansehen nach verursachen nicht gemäß sind? ob man die auf die Erschütterungen eines Gebäudes erfolgenden Veränderungen desselben nicht beynahe eben so im Kleinen vorstellen könne, wie sie im Grossen zu erfolgen pflegen? und wenn die Beantwortung dieser Fragen zu meinen Vortheil ausfallen solte; so würde diese Nachahmung doch gleichwohl nicht schlechterdings ein Spiel zu nennen seyn.

Doch ich lasse das alles dahin gestellet seyn, und gestehe es selbst, daß es mir kein rechter Ernst gewesen, auf diese Art die Ursachen und Würkungen der Erd-Beben vorzustellen. Es war aber doch eine gute Gelegenheit sich von dem Vermögen und denen Würkungen der Dampf-Kugel zu überzeugen, und ich hätte sie mir gewiß niemahls so groß vorgestellet, als ich sie hier wahrgenommen habe. Auch kan ich nicht läugnen, daß mich die Betrachtung des Fortgangs dieses Versuchs beynahe verfuhret hätte zu glauben: ich hätte die wahre Beschaffenheit der Erd-Beben richtig vorgestellet. Wenigstens habe ich hier aus der Erfahrung abnehmen können, was eine durch erhitzte Dämpfe ausgedähnte Luft in verschlossenen und von einander entlegenen Räumen, durch welche sie sich ausbreitet, auszurichten vermöge. Man solte denken, und ich selbst dachte es, die Grösse dieser Räume und ihre Entlegenheit von einander mußten dem Fortgange und denen Würkungen dieser Ausdähnung hinderlich seyn, oder sie schwächen, oder eine geraume Zeit-Frist erfordern, und sie also aufhalten: allein das alles fällt hier

hier weg: wenn die Erhitzung und die darauf erfolgende Ausdähnung der Luft sich einmahl angehoben hat; so fähret sie mit grosser Geschwindigkeit durch alle Röhren und Behältnisse hindurch, und es erfolgen die stärksten und schleunigsten Würkungen darauf.

Das giebt mir Anlaß von der Sache, die auf diese Art vorgestellet wurde, nun auch in allem Ernste etwas zu sagen. Wenn man zween verschlossene Räume GH und ABCD Tab. II. Fig. 5. durch eine Röhre GD mit einander verbindet, und die Dampf-Kugel durch die Oefnung K in den Raum GH, der auf allen Seiten so verwahret ist, daß er nicht gesprenget werden kan, hinein blasen läßt; so wird die in den Raum ABCD eingeschlossene Luft durch die in den Raum GH hinein fahrenden Dämpfe schleunig und mit grosser Gewalt ausgedähnet, und die darüber gebundene Blase mit einem starken Knalle gesprenget werden, die Röhre GD sey so lang oder kurz als sie es seyn kan: ich habe sie bey verschiedenen Versuchen bald 2 bald 7 Fuß lang machen lassen, ohne so wenig in Ansehung der Zeit, in welcher die Sprengung erfolget, als der Gewalt mit welcher sie erfolget, einen Unterschied bemerkt zu haben. Nun ist die Länge dieser Röhre, so groß sie auch seyn kan, gegen die Entlegenheit, die unterirrdische Gewölber von einander haben können, zwar nicht zu rechnen: allein diese Erhitzung ist auch nur eine Kleinigkeit gegen die, so in der Erde statt finden kan: und ich solte meinen, die Erfahrung die dieser Versuch an die Hand giebt, könnte, wenn man eine würkliche Gemeinschaft der unterirrdischen Gewölber durch verborgene Canäle annimt, eine sehr wahr-

wahrscheinliche Vorstellung von der Ausbreitung eines Erd-Bebens durch sehr grosse Räume abgeben: denn wenn die Luft auch nur in einem dieser Gewölber durch dergleichen Erhitzung ausgedähnet wird; so kan die Würkung davon in einem oder mehreren andern sehr weit entlegenen zugleich erfolgen, und es kan also an mehrern sehr weit von einander entfernten Orten ein Erd-Beben verspüret werden, ob gleich die würkende Ursach davon nur an einen gewissen Orte unter der Oberfläche der Erde vorhanden ist. Daher ist es gar nicht nothwendig daß der unterirrdische Brand, wenn davon sich sehr weit erstreckende Erd-Beben entstehen, durch eben so grosse Räume unter der Erde ausgebreitet seyn müsse: die ausgedähnte Luft kan alle diese Würkungen in entfernten Gewölbern der Erde hervorbringen, obgleich in ihnen kein Brand vorhanden ist: die Stösse und Erschütterungen des Erd-Bodens können in denen über solchen Gewölbern liegenden Theilen der Oberfläche der Erde verspüret werden, und an denen zwischen ihnen liegenden Orten nicht; gleich wie dieses die Erfahrung auch schon in mehrern Fällen gelehret hat.

Die Erd-Beben sind vielfältig mit mancherley Bewegungen der Gewässer, Ergiessung oder Verstopfung der Brunnen und Quellen begleitet: das alles läßt sich begreifen, wenn man annimmt, die Kraft der ausgedähnten Luft äussere ihre Würkungen gegen die Gewässer eines unterirrdischen Gewölbes, die diesen Brunnen und Quellen ihren Vorrath entweder durch Ausdünstungen oder durch verborgene Canäle darreichen.

Man setze, die Luft werde in einem verschlossenen Gewölbe bis zu den Grade ausgedähnet, daß sie selbiges auf seiner schwächsten Seite sprenget, und dadurch zu einen Canale, der nach einen andern Gewölbe hinführet, den Zugang gewinnet; so wird aus dieser Sprengung zuförderst eine Erschütterung entstehen, die, so wie die Tiefe dieser Gewölber in der Erde grösser oder kleiner ist, auf der Oberfläche derselben weniger oder mehr zu spüren seyn wird: sodann wird die ausgedähnte Luft durch den nunmehro gefundenen offenen Weg mit einer der Grösse ihrer Ausdähnung gemässen Kraft durch diese unterirrdischen Gegenden hindurch fahren, und ein Getöse verursachen, das, wenn es nur die vorhin gedachte Tiefe dieser Gegenden zuläßt, auf der Oberfläche der Erde gleichfalls vernommen werden kan.

Das alles könnte nun, wie es scheinet, als eine Erklärung der merkwürdigsten bey einem Erd-Beben erfolgenden Begebenheiten angesehen werden, und so lange keine bessere und mehr erwiesene angegeben wird; hätte man, dächte ich, gute Gründe sie gelten zu lassen. Wenigstens kan man die angeführten und alle ihnen ähnliche Begebenheiten von der in dem Innern der Erde verschlossenen Luft vermöge ihrer grossen Schwere und Dichtigkeit gar wohl erwarten: denn diese Kräfte der Luft nehmen nach bekannten Grund-Sätzen zu, so wie ihre Entfernung von dem Mittel-Punkte der Erde abnimmt, und eine so dichte und schwere Luft kan vermittelst einer vorhergegangenen Ausdähnung Würkungen verursachen, die das alles übertreffen, was die viel leichtere und dünnere Luft über der Oberfläche der Erde auszurichten vermag.

Nur

Nur eine sehr gewöhnliche Bewegung pfleget bey diesen schrecklichen Natur-Begebenheiten zu erfolgen, deren Erklärung die grössesten Schwierigkeiten findet, und die vielleicht das bewundernswürdigste an der ganzen Sache ist; man kan sich auch schwerlich eine der Sache ganz gemässe Vorstellung davon machen; wenn man nicht durch eigene Erfahrung davon belehret worden. Ich erinnere mich im Jahr 1756 den 18ten Februar Vormittags um halb 9 Uhr ein Erd-Beben empfunden zu haben, welches zugleich in Westphalen und in mehreren Gegenden des Nieder-Rheins verspüret worden, und in einem überaus sanften hin- und herwiegen zwischen Ost und West bestand: ich saß auf einem Stuhle, und empfand diese Bewegung eine Zeitlang mit der äussersten Verwunderung, ohne an ein Erd-Beben zu denken: sie fieng unmerklich an, wurde aber immer stärker und dauerte eine Minute lang: die Räume, durch welche das Wiegen geschahe wurden immer grösser, und die Geschwindigkeit der Bewegung gleichfalls, so daß die Balken des Zimmers, in welchem ich mich befand, in ihre Verbindungen zu knacken anfiengen, auch einige aufgehangene Körper sich hin und her bewegeten: und bey dem allen herrschte zu der Zeit in der Luft eine völlige Wind-Stille. Wie die Natur diese so sanften Bewegungen von solcher Dauer und mit solcher zunehmenden Geschwindigkeit hervorbringe, das, sage ich, ist schwerer zu erklären, als alle Stösse, Erschütterungen und Verwüstungen, dadurch sich die Erd-Beben schrecklich machen. Wäre diese Bewegung der ganzen Oberfläche der Erde gemein; so könnte man sie als eine hin und her wankende Bewegung der Erde, als eines frey schwebenden Körpers, ansehen, die

durch innere heftige Stösse und Erschütterungen der Masse desselben verursachet würde: nun aber ist es nur die Bewegung eines sehr geringen und mit der übrigen Fläche dichte und fest zusammenhangenden Theils derselben: und wie ist es möglich einen Theil dieser Fläche in eine schwankende Bewegung dergestalt zu versetzen, daß der übrige Theil gänzlich davon ausgeschlossen bleibe, und weder Risse noch andere dergleichen Würkungen in derselben erfolgen? und was für eine Bewegung in dem Innern der Erde muß es seyn, von der, ohne alle merkliche Stösse und Erschütterungen, ein so sanftes und anhaltendes Wiegen entstehen kann? Sind es wiederholte Stösse, und bestehen diese Stösse in dem schleunig auf einander folgenden Einsturze mehrerer unterirrdischer Gewölber? Wenn dieses wäre; so würde doch noch die Frage übrig bleiben: warum die Würkungen dieser unterirrdischen Verwüstungen sich auf der Oberfläche der Erde als ein unmerklich anfangendes und nach und nach immer stärker werdendes hin- und herwiegen empfinden lassen? Auf die Beantwortung dieser Fragen wird man sich wohl keine Hofnung machen dürfen. Indessen scheinet es, wenn ich diesen eben gemeldeten Umstand ausnehme, als ob alle übrige bey den Erd-Beben bisher wahrgenommene Umstände vermittelst der Voraussetzung einer in dem Innern der Erde vorhandenen Entzündung gut genug erkläret werden könnten.

Daß es aber dergleichen Entzündungen würklich gebe wird Niemand, dem die Natur-Geschichte der Erde bekannt ist, in Zweifel ziehen. Daher scheinet diese von sehr vielen Natur-Forschern

zur Erklärung der Erd-Beben angenommene Hypothese unter allen übrigen, die in dieser Absicht bisher auf die Bahn gebracht sind, die beste zu seyn. Herr **Lemery** druckt sich davon in den Abhandlungen der Academie der Wissenschaften zu Paris vom Jahr 1700 folgendergestalt aus: „Das Erd-Beben wird allen „Ansehen nach durch einen Dunst erreget, der in der „gewaltigen Gährung des Eisens und Schwefels gezeu„get und in einen Schwefel-Wind verwandelt ist. „Dieser dringet durch und rollet wohin er will, indem „er die Erde, unter welcher er wegfähret, aufhebet „und erschüttert. Wenn dieser Schwefel-Wind lange „eingeschlossen bleibet, ohne daß er Oefnung finden „kan; so dauert das Erd-Beben lange und ist stark, „bis er seine Bewegung verlohren hat."

Einigen dieser Ausdrucke scheinet es an der erforderlichen Genauigkeit zu fehlen, die sie, um deutlich verstanden zu werden, haben müßten. Indessen hat Herr Lemery hier allerdings etwas gesagt, das Nachdenken verdienet. Ein fortrollender Schwefel-Wind oder eine durch Gährungen mit Schwefel vermischter Materien erhitzte Luft, die sich da, wo sie Raum gewinnet, mit grosser Geschwindigkeit auszubreiten sucht, das alles sind zwar verschiedene Ausdrucke aber einerley Begriffe, und Herr Lemery scheinet alle unterirrdische Entzündungen aus einer Vermischung des Eisens und Schwefels, die die Natur selbst gemacht, herzuleiten. Das kan nun zwar wohl richtig gedacht seyn, und man ist bey dergleichen Voraussetzungen noch nicht schuldig dafür zu stehen, daß diese Materien an allen Orten, wo Erd-Beben verspüret werden,

vorhanden und mit einander vermischt seyn müssen: denn wenn sie, gleichwie es die Erfahrung an Feuerspeyenden Bergen lehret, auch nur in einer Gegend häufig genug vorhanden sind und daselbst durch hinzukommende Feuchtigkeiten mit der Zeit in Gährung gerathen; so kan das, vermöge obiger Erläuterungen eine fruchtbare Veranlassung sehr vieler ausgebreiteter und langwieriger Erd-Beben seyn. Wenn aber Herr Lemery sagt: der unter der Erde hinweg fahrende Schwefel-Wind hebe dieselbe auf und erschüttere sie; so weiß ich nicht wie man sich dieses Aufheben gedenken könne; wenn man nicht eine ganz ungeheuer grosse Kraft dieser ausgedähnten Luft voraus setzet: und diese scheinet Herr Lemery würklich voraus zu setzen: ich gebe ihm auch darin vollkommen recht, überlasse es aber dem Leser sich durch aufmerksame Betrachtung der Umstände den Weg zu solchen Vorstellungen von der Sache selbst zu bahnen, wozu einige wenige mit der durch die Hitze ausgedähnten Luft zu machende Versuche, und die Erwägung der in dem Innern der Erde zunehmenden Dichtigkeit der Luft schon hinreichen und einen jeden sehr geneigt machen werden, es einzuräumen: daß die durch unterirrdische Feuer in Würksamkeit gesetzten Kräfte dieser Luft denen schrecklichen Würkungen, die Herr Lemery durch das **Aufheben** und **Erschüttern** andeutet, gewachsen seyn können. Und wenn sich denn die Sache würklich so verhält, wie sie hier vorgestellet wird; so ist es nicht nöthig bey einem jeden Erd-Beben und dessen erschütternden Stössen allemahl einen Einsturz unterirrdischer Gewölber oder andere dergleichen Verwüstungen voraus zu setzen; sondern die durch diese Gegenden der Erde fortrollenden Schwe-

fel-

fel-Winde werden an und vor sich schon alles das, was wir Erd-Beben nennen, ausrichten können, und dadurch werden die Vorstellungen von der Sache noch mehr erleichtert.

Um das Entstehen solcher Gährungen unter der Erde, deren Herr Lemery gedenket, zu erklären, sagt er eben daselbst: „Man nimmt Eisenfeile und zu Pulver „geriebenen Schwefel zu gleichen Theilen, mischt es „unter einander, und macht mit Wasser einen Teig „daraus. Darauf läßt man es 2 bis 3 Stunden in „der Digestion, doch ohne Feuer, stehen. Es ent„stehet darin eine Gährung und Aufblähen mit grosser „Wärme. Diese Gährung macht, daß der Teig an „vielen Orten aufspaltet, und durch die Ritzen gehn „Dämpfe heraus, die bloß heiß sind, wenn die Mate„rie nur von mittelmäßiger Menge ist: sie entzünden „sich aber, wenn die Materie, daraus sie getrieben „werden, eine grosse Masse von dreyßig oder vierzig „Pfunden ist.“

Seitdem Herr Lemery dieses geschrieben ist dieser Versuch der Inhalt einer alten und gewöhnlichen physischen Erzählung geworden, die von vielen nachgesagt und nachgeschrieben worden: vielleicht wird es aber hier noch der Frage bedürfen: wer den Versuch gemacht, und einen solchen Erfolg desselben, wie ihn Herr Lemery beschrieben, gesehen habe? Ich vermuthe, eine aufmerksame Betrachtung der Wichtigkeit dieser Frage werde den Nutzen haben, daß der Versuch künftig entweder sorgfältig nachgemacht und also die Richtigkeit desselben ausser Zweifel gesetzt: oder auch nicht

so ohne alles Bedenken als eine ausgemachte Sache nachgesagt und nachgeschrieben werde.

Ich war sehr begierig ihn selbst zu machen, und bemühete mich zu dem Ende so viel Eisenfeile, als ich bekommen konnte, zusammen zu bringen. Bey dieser Gelegenheit erfuhr ich, wie schwer die Bewerkstelligung dieses Versuchs sey, und zweifele daran, daß ihn nach den Herrn Lemery, jemand gemacht habe: ich bekam indessen 12 Pfund Eisenfeile mit vieler Mühe zusammen, und also bey weiten noch nicht so viel als Herr Lemery zu einer würklichen Entzündung erfordert: und dennoch dachte ich, dieser Vorrath mögte auch wohl hinreichend seyn etwas Sehenswürdiges auszurichten: ich ließ also 12 Pfund Stangen Schwefel sehr fein zerstossen und aus beyden einen Teig machen: es erfolgte alles so, wie Herr Lemery sagt, aber keine würkliche Entzündung: nachdem der Teig 24 Stunden gestanden hatte, sahe er aus wie ausgebranntes schwarzes Pulver und war sehr schwer, und dabey blieb es. Ich war mit diesen Erfolge gar nicht zufrieden, und argwöhnete von der zusammen gebrachten Eisenfeile, daß sie zur Entzündung nicht gut genug gewesen, denn sie war vom Rost sehr zerfressen und überdem auch unrein, und gleichwohl war keine Hofnung vorhanden sie von mehrerer Güte jemals bekommen zu können. Dadurch wurde ich noch mehr versichert, daß dieser Versuch in Ansehung der Herbeyschaffung der vornehmsten Materie, die er erfordert, nemlich die Eisenfeile, einer der allerschweresten und daher auch der allerseltensten sey: um so viel weniger darf man ihn und das was er dem Vorgeben nach lehren soll, als eine ausgemachte und bekannte Sache ansehen.

Indessen

Indessen wurde ich durch alle diese Schwierigkeiten nur noch mehr angetrieben auf eine neue Bewerkstelligung desselben bedacht zu seyn. Weil ich nun vermuthete reine und frische Eisenfeile würde zur Hervorbringung einer Entzündung viel brauchbarer seyn, und sie aus den Werkstätten der Eisen-Arbeiter von solcher Güte zu erhalten nicht hoffen durfte; so ließ ich eine Maschine verfertigen, vermittelst deren sechs Feilen zugleich in Bewegung gesetzt werden konnten: und auf diese Art ließ ich einige Stangen Eisen durchraspeln. Ich erhielt also mit grosser Mühe andere 12 Pfund Eisenfeile, die aber sehr gut war: diese vermischte ich wiederum mit 12 Pfund gestossenen Schwefel und machte einen Teig daraus, und weil Herr Lemery sagt: er habe eine solche Masse in die Erde graben lassen, wo sie sich dermassen entzündet, daß die Erde über ihr aufgeborsten, und aus den Rissen ein schwarzer dicker Qualm hervorgedrungen, der zuletzt Feuer gefangen, so daß die Erde durch die Heftigkeit der Flammen aufgeworfen worden; so ließ ich den Teig auch in einem grossen irrdenen Gefäße in die Erde graben, und erwartete eben das was Herr Lemery gesehen hatte: allein umsonst. Nach einigen Tagen war der Teig noch heiß, und wiederum in ein ausgebranntes schwarzes schweres Pulver verwandelt, doch war die Hitze noch grösser, als bey dem ersten Versuche.

Diese Versuche sind mir also mißlungen: deswegen aber berechtigen sie uns doch nicht die Wahrheit dessen, was Herr Lemery sagt, in Zweifel zu ziehen: vielmehr beweisen sie daß er ganz richtig behaupte: zur Hervorbringung einer Entzündung werde eine Masse von 40

Pfunden erfordert, und ich habe eben darum dieser Versuche hier gedenken wollen, damit diejenigen, die sich mit diesen Sachen beschäftigen, daraus abnehmen mögen, daß der Aufwand der Mühe und Unkosten, die sie erfordern, nicht anzurathen sey, wenn man nicht eine Masse von 40 bis 50 Pfunden beysammen hat. Ich habe es hernach oft bedauert, daß ich nicht die Massen beyder Versuche, die ich gemacht, auf einmahl zusammen genommen habe; vielleicht hätte ich alsdenn das Vergnügen gehabt eine so sonderbare und merkwürdige Entzündung hervorgebracht zu sehen. Die Sache ist auch gewiß wichtig genug um eine Bestätigung durch wiederholte Versuche zu erfordern, zumahl da sie bey Untersuchung der merkwürdigsten und schrecklichsten Natur-Begebenheiten den gewöhnlichsten und besten Erklärungs-Grund abgiebt.

Ich komme aber wieder auf die Würkungen der Dampf-Kugel, und habe seitdem noch andere Versuche mit ihr gemacht, deren Absicht auf eine bequemere Einrichtung der Wasser-Künste gerichtet war, in welchen das Wasser durch Feuer gehoben wird. Die vorhin beschriebenen Würkungen der Dampf-Kugel liessen mich vermuthen, daß ihr Vermögen zur Bewerkstelligung dieses Vorhabens groß genug seyn werde, und um dessen gewiß zu werden, machte ich folgenden Versuch.

Ich ließ einen meßingenen Cylinder ABCD Tab. II. Fig. 6 verfertigen, dessen Durchmesser 6 Zoll und die Höhe 8 Zoll betrug: an den obern Rande des Cylinders ließ ich eine meßingene Röhre anlöthen, die 8 Zoll lang war, und 5 bis 6 Linien im Durchmesser hatte,

hatte, und grade gegen über eine andere DF von eben der Beschaffenheit. An dieser letzteren wurde die Dampf-Kugel angebracht, und die erstere war dazu bestimmt, daß der Cylinder durch sie seiner Dämpfe, mit welchen er bey den Versuche angefüllet wurde, wenn es nöthig seyn würde, wieder entlediget werden könnte, zu dem Ende war sie mit einem meßingenen Hahn LK versehen. Unmittelbar über den untersten Boden des Cylinders ließ ich eine andere meßingene Röhre anlöthen, die einen halben Zoll im Durchmesser hatte, welche unten ausserhalb den Cylinder krumm gebogen war, und zu einer Höhe von 7 bis 8 Fuß hinauf gieng, wo sie das Wasser in ein dazu bestimmtes Behältniß ergiessen solte: folglich war sie hier eben das, was die Steige-Röhre bey Druckwerken ist: zu dem Ende war sie auch unten mit einem Ventile versehen, welches durch das aus dem Cylinder in die Steige-Röhre hinauf dringende Wasser geöfnet und durch den Druck des in der Steige-Röhre stehenden Wassers verschlossen wurde.

Auf die obere Oefnung des Cylinders ließ ich ein viereckigtes Gefäß MNRS anlöthen, wodurch derselbe ganz verschlossen wurde. Der Boden dieses Gefässes war Meßing, und der körperliche Inhalt des ganzen Gefässes betrug etwas weniges mehr, als der Inhalt des Cylinders. Ueber den Boden des viereckigten Gefässes wurde eine gebogene Röhre ghfm angelöthet, deren oberste Mündung g sich in dem obern Gefässe über dessen Boden, und die untere in dem Cylinder über dessen Boden in m öfnete. Vermittelst dieser Röhre hatte also das obere Gefäß mit dem darunter

ter stehenden Cylinder Gemeinschaft: sie war in der Mitte c mit einem Hahn versehen, um die Gemeinschaft zwischen beyden Gefässen zu rechter Zeit eröfnen und verschliessen zu können. Ich füllte das obere Gefäß bis zur Hälfte mit Wasser an, und öfnete den Hahn in c, dadurch wurde das untere Gefäß beynahe bis an die Röhre DF mit Wasser gefüllet. Darauf verschloß ich die beyden Hahnen LK und c, und legte die in F angebrachte Dampf-Kugel auf Kohlen. Nach einigen Minuten, seitdem das Wasser in der Dampf-Kugel zu kochen angefangen hatte, wurde das Wasser aus dem Cylinder durch die Steige-Röhre hinauf getrieben, und ergoß sich in einer Höhe von 7 bis 8 Fuß in einem Zuge fort, bis der Cylinder ABCD ausgeleeret ward. Darauf eröfnete ich die Hahnen LK und c: die Dämpfe fuhren aus dem Cylinder heraus, und er wurde mit dem aus dem obern Gefässe ihm zufliessenden Wasser wiederum angefüllet: ich verschloß beyde Hahnen, und das Wasser wurde sofort durch die Würkung der Dampf-Kugel gehoben, so daß ein jeder Hub den in dem Cylinder vorhandenen Vorrath erschöpfte.

Dieser Versuch enthält nun zwar nichts neues, weil man weiß, daß es hin und wieder Wasser-Künste giebt, in welchen das Wasser vermittelst der durchs Feuer ausgedähnten Luft gehoben wird: allein die Dampf-Kugel ist, so viel ich weiß, zu diesen Zweck noch nicht angewendet worden, wozu sie doch gleichwohl sehr bequem zu seyn scheinet, theils weil sie durch ein geringes Feuer bis zu den erforderlichen Grade erhitzt werden kan, theils weil sie, wenn sie sonst nur

von

von erforderlicher Grösse ist, eine lange Zeit hindurch ihre Kraft beweiset. Diejenige, deren ich mich bediente, und deren Grösse ich oben gemeldet habe, verrichtete ihre Dienste über eine halbe Stunde lang, und es ist nicht zu zweifeln, daß grosse Dampf-Kugeln einige Stunden lang in Würksamkeit erhalten werden können, wenn sie einmahl mit Wasser angefüllet sind.

Vermittelst der Versuche, die ich hier beschreibe, wurde das Wasser aus einen 6 Zoll weiten Cylinder zu einer Höhe von 8 Fuß hinauf getrieben: ich merke hierbey nur dieses an, daß die Tiefe des Cylinders nur bis auf einige Zoll über einen Fuß gleichgültig zu seyn scheinet, und man kan sie also bis dahin vergrössern, damit ein noch grösserer Vorrath von Wasser durch einen Hub bis zu der verlangten Höhe hinauf gebracht werde. Wenn der Cylinder von der gemeldeten Weite ist, und das Wasser bis zu der gedachten Höhe gehoben wird; so beweiset die ausgedähnte Luft in demselben, nach bekannten Grund-Sätzen, eine Kraft von 75 Pfunden: allein das schien für diese Dampf-Kugel eine Kleinigkeit zu seyn, weil die Hebung des Wassers sogleich, nachdem der Cylinder und das Wasser in demselben einigermassen erwärmet war, von statten gieng: und diese Erwärmung mußte, wie ich vorhin gemeldet, bey dem Anfange dieses Versuchs allemahl abgewartet werden. Während des ersten Hubes wurde die ganze Maschine erwärmet, und das in dem obern Gefässe sich sammlende Wasser gleichfalls: dadurch wurde das Hinderniß, welches die erste Hebung verzögerte, einmahl vor allemahl gehoben, und die folgenden Hebungen giengen sogleich von statten, sobald

der Cylinder mit Wasser angefüllet, und die Hahnen vorhingedachter massen verschlossen waren.

Weil man von der durch die Hitze auf diese Art ausgedähnten Luft alles erwarten kan; so würde, allen Ansehen nach, eine Höhe von 40 Fuß, bis zu welcher das Wasser gehoben werden soll, für eine Dampf-Kugel von 2 Fuß im Durchmesser und für ein grösseres Gefäß, in welches man dieselbe hinein blasen ließ, nicht zu groß seyn. Ich will setzen, dieses Gefäß wäre ein Cylinder von 3 Fuß im Durchmesser; so würde die ausgedähnte Luft, wenn sie das Wasser zu einer Höhe von 40 Fuß hinauf drucken solte, eine Kraft von 255 Centnern beweisen müssen, und das ist viel! allein vermöge der Erfahrung geschiehet es doch in einigen Wasser-Künsten dieser Art, davon eine zu London lange Zeit im Gange gewesen, würklich. Indessen kan man das Gefäß kleiner machen, und die Hebungen des Wassers werden mit desto grösserer Geschwindigkeit von statten gehen. Solte aber die Dampf-Kugel nicht Gefahr laufen durch einen so grossen Widerstand, den sie zu überwältigen hat, gesprenget zu werden? Gar nicht! Ich will, um diese Furcht zu heben, nur einen Erfahrungs-Satz anführen.

Wenn man drey Rinder-Blasen an einer blechernen Röhre auf beliebige Art befestiget, so daß sie alle drey zugleich durch die hinein geblasene Luft aufgetrieben werden; so kan man sie mit einem Gewichte von zween Centnern beschweren, und man wird keine Schwierigkeiten finden diese auf den Blasen ruhende Last bloß dadurch heben zu können, daß man durch die Röhre mit dem Munde die Blasen mit Luft anfüllet:

so

so wenig nun der Mund oder die Lunge von dieser Last den geringsten Widerstand empfinden, so wenig hat man für die Dampf-Kugel etwas zu besorgen, wenn sie durch ihre ausgeblasenen Dämpfe das vorhin-gedachte Ausdähnungs-Vermögen beweisen soll. Sie ist also sicher.

Es findet sich aber eine gewisse Unbequemlichkeit bey dergleichen Wasser-Künsten, welche darin bestehet, daß, wenn sie in der würklichen Hebung des Wassers begriffen sind, allezeit jemand zugegen seyn muß, der die Hahnen zur rechten Zeit eröfne und verschliesse: dahingegen andere Wasser-Künste wenn sie einmahl im Gange sind, das Ihre ohne jemandes Beyhülfe verrichten: um auch der hier beschriebenen eine solche Bequemlichkeit zu verschaffen, habe ich einen Versuch gemacht, dessen ich hier noch gedenken will.

Auf den Boden des obern Gefässes R S ließ ich zwo meßingene Rollen v und o und noch eine dritte auf den obern Rande s befestigen: an den Ring des Hahns k ließ ich einen Arm k q anlöthen, der ohngefähr 5 Zoll lang war. Wenn der Hahn eröfnet oder verschlossen wird, bewegt sich dieser Arm in einer senkrechten Fläche auf und nieder, und in eben dieser Fläche, wenn man sie sich als erweitert gedenkt, müssen gedachte drey Rollen ganz genau liegen. Am Ende dieses Arms befestigte ich in q einen Faden, der über die drey Rollen q s v o n gezogen und in n an einer hohlen aus dünnen Meßing-Blech verfertigten Kugel befestiget war, welche bey dieser Maschine 3 Zoll im Durchmesser hatte. Ferner ließ ich einen kleinen Heber w z r t verfertigen, von dessen Schenkeln sich einer inwendig

in

in dem Gefässe befand, so daß dessen Oefnung w mit der Mündung der Röhre g h waagerecht war: der andere Schenkel r t gieng ausserhalb dem Gefässe neben der Röhre g h f m hinab. An den Hahn c ließ ich anstatt des gewöhnlichen Ringes einen Waage-Balken a c b von 3 Zoll Länge anlöthen, an dessen Ende b ein Gewicht p hieng, und an den andern eine Waage-Schaale l x aus Meßing verfertiget, die in der Mitte ihrer Vertiefung eine kleine Oefnung hatte. Die Grösse des Gewichts p war so gemäßiget, daß wenn die Waage-Schaale l x ganz mit Wasser angefüllet war, welches durch den darüber stehenden Heber r t geschahe, sie über das Gewicht p ein starkes Uebergewicht erhielt, folglich hinab sank und den Hahn eröfnete. Dieses Uebergewicht behielt sie so lange der Heber w z r t sich ergoß: hörte derselbe auf zu giessen; so entledigte sich die Waage-Schaale ihres Wassers durch die gedachte kleine Oefnung, daher erhielt das Gewicht p das Uebergewicht, und der Hahn wurde verschlossen. Ueber den Gefässe M N R S liegt die Röhre W Q, die das Wasser herbey führet, und deren Ergiessung nach Erfordern der Umstände so gemäßiget werden muß, daß sie beständig fortdauren könne.

Wir wollen nun setzen, das untere Gefäß A B C D sey mit Wasser angefüllet, und die Dampf-Kugel blase in dasselbe hinein um das Wasser durch die Steige-Röhre hinauf zu treiben; so ergiesset sich unterdessen die Röhre W Q, und das Wasser des obern Gefässes steiget immer höher. Dadurch wird die hohle Kugel n langsam gehoben und der Hahn, mit welchen sie durch den Faden n o v s q verbunden ist, eröfnet.

Während

Während dieser Zeit erreicht das Wasser in dem obern Gefässe die Höhe des Hebers zr, und die Kugel ist alsdenn so hoch gehoben, daß der Hahn k völlig offen stehet. Die Dämpfe fahren also aus dem untern Gefässe heraus, und das Wasser ergiesset sich zugleich durch den Heber wzrt um den Hahn c zu öfnen, also wird das untere Gefäß durch die Röhre ghfm angefüllet. Durch diese gedoppelte Ergiessung wird das obere Gefäß bis an die Röhre gh entlediget: der Heber höret auf zu giessen, folglich wird der Hahn c durch das Gewicht p verschlossen: die Kugel n ist gleichfalls so tief gesunken, daß die Schwere des Arms kq den Hahn k verschliesset. Solchergestalt ist das untere Gefäß von selbst wieder angefüllet und die Hahnen sind ohne jemandes Beyhülfe zu rechter Zeit geöfnet und verschlossen. Da nun die Luft in dem untern Gefässe wieder eingeschlossen ist; so erfolget durch die Würkung der hineinblasenden Dampf-Kugel eine neue Hebung des Wassers. Unterdessen sammlet sich das Wasser wiederum in dem obern Gefässe und die Hahnen werden nach einiger Zeit wieder geöfnet, u. s. w.

Diese Einrichtung scheinet zwar sehr zusammengesetzt zu seyn, und in einer grossen Mannigfaltigkeit der Dinge zu bestehen: allein wenn sie mit erforderlicher Genauigkeit gemacht wird; so thut sie gleichwol ihre Dienste. Die Stärke des Zuflusses aus der Röhre WQ muß nach Anleitung der Erfahrung bestimmet, und die Grösse der holen Kugel n nach der Schwere des Arm kq eingerichtet werden: und das ist das wesentlichste bey der ganzen Einrichtung, und erfordert die mehreste Sorgfalt. Ueberhaupt muß die Erfah-

rung hier in allen Stücken gehörige Maasse geben, und sie thut es auch bey genauer Aufmerksamkeit und Ueberlegung so, daß diese Maschine hinlänglich zugerichtet werden kan, um ohne jemandes Beyhülfe so lange fort zu gehen bis die Dampf-Kugel sich ledig geblasen hat. Binnen dieser Zeit aber kan sehr viel Wasser gehoben seyn.

Indessen weiß ich doch nicht ob sich jemand entschliessen würde diesen Vorschlag in Ausübung zu bringen, und es kan auch in der That nur wenige Fälle geben, in welchen die Anlegung einer solchen Maschine anzurathen ist. Wie dem auch sey; so habe ich wenigstens bey dieser Gelegenheit zeigen wollen wie brauchbar die Dampf-Kugel sey, und wie viel man von ihren Würkungen erwarten könne. Solten sie nun gleich nicht eben auf diese Art angewendet werden; so können sich doch andere Gelegenheiten finden, bey welchen man einen vortheilhaften Gebrauch davon machen kan. Es ist allemal gut einen Vorrath von mehreren Hülfs-Mitteln, deren man sich zur Erreichung gewisser Absichten bedienen kan, bey der Hand zu haben: um so viel leichter kan man aus der Menge derselben dasjenige, welches sich für die Umstände am besten schickt, durch eine glückliche Wahl heraus suchen: und zu dem Ende war es nöthig zu zeigen, daß die Dampf-Kugel auch zu dergleichen Hülfs-Mitteln zu rechnen sey. Weil sie aber auch alsdenn, wenn sie etwas Grosses ausrichten soll, von erforderlicher Grösse seyn muß; so habe ich gleich im Anfange der Beschreibung dieses Versuchs das Beyspiel einer sehr grossen Dampf-Kugel, die ich gesehen, angeführet. Man kan daraus abneh-

abnehmen, daß es nicht nur möglich sey sie in der erforderlichen Grösse verfertigen zu können; sondern daß auch andere vor mir schon von den besondern Würkungen derselben Gebrauch gemacht haben. Worin derselbe bestanden, weiß ich nicht: es werden sich aber mehrere Arten einer vortheilhaften Anwendung dieser Maschine von selbst anbiethen, wenn man nur von ihren Eigenschaften und Würkungen genugsam unterrichtet ist, und dazu etwas beyzutragen, das war hier meine Absicht.

Wenn man annimmt, die Mündung der Röhre an der Dampf-Kugel sey verschlossen; so könnte sie, wenn sie in der erforderlichen Dicke aus Metall gegossen wäre, als eine Machina papiniana angesehen werden. Wenigstens dienet sie zur Erläuterung dessen, was in der letzteren durch die Hitze ausgerichtet wird. Man füllet sie entweder ganz oder zum Theil mit Wasser an, und nachdem man einen Knochen von beliebiger Beschaffenheit hinein geleget hat, verschließt man sie vermittelst eines ebenfalls aus Metall gegossenen Deckels dergestalt, daß der Luft aller Ausgang versagt wird. Darauf setzt man sie auf ein lebhaftes Kohl-Feuer. Nachdem sie ohngefähr eine halbe Stunde lang darauf gestanden, nimmt man sie ab, und bey der nach hinlänglicher Abkühlung erst zu wagenden Eröfnung findet man den Knochen dermassen erweicht, daß er sich mit einem Messer zerschneiden läßt, und das Wasser mit dessen fetten und öligten Theilen durchdrungen, so daß an den Knochen nichts, als was die Hitze nicht zerstören und auflösen konnte, nemlich der terrestrische Theil seiner Substanz übrig

 bleibet.

bleibet. Das ist nun eine starke Würkung der Hitze, und man kan sie einigermassen begreifen, wenn man nach Anleitung dessen, was an der Dampf-Kugel wahrgenommen wird, bedenket, daß die über dem Wasser stehende Luft nicht nur durch die Hitze ausgedähnet, sondern auch durch die vermittelst der Würkungen der Hitze aus dem Innersten des Wassers hervortretende Luft vermehret werde. Diese also vermehrte und äusserst ausgedähnte Luft würket, weil sie keinen Ausgang findet, mit ihrer ganzen Kraft gegen dasjenige, was sie in der Machina papiniana vor sich findet, nemlich gegen den gleichfalls erhitzten Knochen, und erweichet ihn bis zu den gemeldeten Grade.

Die übrigen Versuche, die mit der Dampf-Kugel gemacht werden, sind bekannt, und ich habe davon nichts neues zu sagen.





Der achte Versuch.

Von der Sprengung der Glaß-Tropfen.

Wie viele verborgene Kräfte giebt es nicht in der Natur? Wenige derselben werden von uns entdeckt, und wenn wir sie entdecken; so macht es uns viel zu schaffen ihr Entstehen und die Art und Weise, wie sie würken, begreifen zu können. Da nun diese Einsichten zum nützlichen Gebrauch und Anwendung derselben nothwendig sind; so verdienet eine sorgfältige Untersuchung, die uns den Weg zu solchen Einsichten bahnet, allemahl Aufmerksamkeit, und ich hoffe daher, auch dasjenige, was ich hier von der Sprengung der Glaß-Tropfen anzuführen gedenke, werde einer solchen Aufmerksamkeit nicht unwürdig befunden werden.

Wenn man von dem langen zugespitzten Ende des Glaß-Tropfens etwas abbricht; so zerspringet er mit einer grossen Gewalt: und wenn die Sprengung im Dunkeln in einem Luftleeren Raume geschiehet; so kan man dabey den Glanz eines schwachen Lichts wahrnehmen. Alle diese Erscheinungen sind sehr sonderbar: aber die Ursachen davon sind sehr verborgen. Nun sind die Versuche, deren Beschreibung ich mir hier vorgenommen habe, zwar nicht sowohl zum Behuf einer nähern Entdeckung dieser verborgenen Ursachen, als vielmehr zur Beförderung einer nähern Bekanntschaft mit den Würkungen derselben und deren nützlichen Anwendung

gemacht: indessen ist es doch nöthig, daß ich zuförderst auch von den Ursachen dieser Würkungen, und wie weit man in deren Erforschung gekommen sey, etwas anführe, damit man wenigstens so viel von der Sache wissen möge, als sich bey unsern bis jetzt sehr eingeschränkten Einsichten in dieselbe davon wissen läßt.

Es ist nicht wahrscheinlich, daß die so gewaltsame Sprengung der Glaß-Tropfen einer in ihnen eingeschlossenen und zusammen gedruckten Luft zuzuschreiben sey, wie von einigen vorgegeben wird. Um dieses einzusehen darf man nur bedenken, wie sie gemacht werden. Man läßt das von der Hitze rothe und zerschmolzene Glaß aus dem Ofen fliessen und Tropfenweise in kalt Wasser fallen: so bald dieses geschehen, hat der Glaß-Tropfen diejenige Eigenschaften, die wir an ihm bewundern müssen. Da läßt sichs nun gar nicht begreifen, wie die Hitze, die doch sonst die Luft aus allen Körpern verdränget, in dem fliessenden Glaß-Tropfen so viel Luft übrig lassen solte, als zu einer so gewaltsamen Sprengung nöthig wäre: noch vielweniger wie diese Luft könne zusammen gedruckt seyn. Beydes ist sowohl wider die Natur des Feuers, als der Luft selbst, und also fält diese vermeinte Ursach der Sprengung gänzlich weg. Der Anblick der Luft-Blasen in dem Kopfe der Glaß-Tropfen kan hier nichts entscheiden. Es ist vermöge der gemeldeten Verfertigung derselben wahrscheinlicher, daß die in diesen Blasen befindliche Luft ausgedähnet, als daß sie zusammen gedruckt sey: und überdem befinden sie sich eben so wohl in denen Glaß-Tropfen, die, wie ich in der Folge zeigen werde, gar nicht zerspringen.

Andere

Andere sind der Meinung: in den Glaß-Tropfen sey gar keine Luft vorhanden; sondern diese fahre alsdenn erst hinein, wenn man von der Spitze desselben etwas abbricht, und zersprenge ihn durch die Geschwindigkeit, mit welcher sie an die innern Theile desselben anstosset: allein zuförderst sind die Glaß-Tropfen inwendig nicht hohl, und also kan auch der Luft durch das Abbrechen der Spitze kein Eingang geöfnet werden: sodann geschiehet die Sprengung in einem Luftleeren Raume mit einer noch grössern Gewalt, als in freyer Luft: daher fällt auch diese angegebene Ursach weg.

Noch andere nehmen ihre Zuflucht zu einer gewissen sehr feinen Materie, die wir wenig kennen, und davon wir also auch wenig mit Gewißheit sagen können: daher sind alle darauf gegründete Erklärungen ungewiß, sehr schwer zu begreifen, und der Sache wird durch sie wenig geholfen.

Man kan es schon aus dieser Mannigfaltigkeit der Meinungen, deren es mehrere giebt, als ich hier anzuführen für nöthig achte, abnehmen, wie unbekannt und verborgen die Ursachen der Sprengung eines Glaß-Tropfens sind: und sie werden durch ein solches auf so verschiedene Art gewagtes Errathen nur noch immer dunkler. Das ist der Weg nicht, auf welchen man die Geheimnisse der Natur entdecken wird. Man muß der Spuhr ihrer Würkungen nachgehen, und das Entstehen oder die Bildung ihrer so sonderbaren Kunst-Stücke erforschen; so wird man viel eher eine wenigstens wahrscheinliche Ursach der Würkungen derjenigen Eigenschaften, die sie ihnen in ihrer Bildung beygeleget, antreffen. Alle diese und ihres gleichen mehrere

Meinungen von den Glaß-Tropfen haben den Fehler an sich, daß sie ausser und ohne alle Rücksicht auf das Entstehen derselben erdacht sind. Daher ist es nicht zu bewundern, daß unter einer so beträchtlichen Anzal derselben keine einzige zutrift.

Herr Homberg, dieser berühmte Natur-Forscher und Mitglied der Akademie der Wissenschaften zu Paris schien einen bessern Weg zu erwählen. Er richtete seine Aufmerksamkeit auf die Verfertigung der Glaß-Tropfen, und daher kommt es, daß seine von der Sprengung derselben angegebene Erklärung, ob sie gleich nicht ganz Zweifelsfrey ist, sich dennoch viel besser zur Sache schickt. Er urtheilet davon in den Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften zu Paris vom Jahr 1700 folgendergestalt:

„Ein Glaß-Tropfen wird fast eben so gehärtet als „eine Stahl-Klinge. Denn wenn man einen Glaß-„Tropfen machen will; so läßt man ihn in kaltes „Wasser fallen, und eben so steckt man eine stählerne „Klinge hinein, wenn man sie härten will. Wenn „man aber jenen und diese wieder in das Feuer bringt; „so werden sie weich und haben nicht mehr so viel „Feder-Kraft. Also muß man von einem Glaß-„Tropfen nicht anders (ich glaube aber doch, etwas „anders) urtheilen, als von einer stählernen gehärteten „Degen-Klinge. Nun aber leidet eine gehärtete „Klinge, daß man sie bis auf einen gewissen Punct „beuget: sobald man sie aber frey läßt, nehmen alle „Theile wiederum die Stellung an, die sie vorher ge-„habt. Wenn man sie aber zu stark beuget, so daß „ein Stück abbricht; so treten die übrigen Theile, die „durch

„durch diese Krümmung auswendig sehr weit auseinander gedähnet, und inwendig sehr hart gegen einander gedruckt worden, mit ungemeiner Geschwindigkeit wieder in ihre vorige Lage, und weil sie einander gewaltsam stossen; so trennen sie sich von einander, so daß der Degen in viele Stücke zerbricht. Es ist zu vermuthen, daß der Glaß-Tropfen, wenn man die Spitze abbricht, aus eben der Ursach zerspringet. Denn wenn man die Spitze abbricht, muß man ihn mit Gewalt beugen, und alsdenn sind alle Theile des Tropfens auf der einen Seite sehr von einander getrieben. In dem Augenblicke, da die Spitze durch diesen Druck bricht, treten alle andere Theile des Tropfens sehr geschwinde in ihre vorige Stellung, stossen an einander und zerspringen in Stücken. Weil nun die Materie des Glases viel zerbrechlicher ist, als die Materie des Stahls, so müssen auch die Theile des Glaß-Tropfens in viel kleinere Stücke zerspringen, als eine gehärtete Degen-Klinge.“

Alles was Herr Homberg hier sagt, beziehet sich auf die Bildung des Glaß-Tropfens: ist diese nun von ihm richtig vorgestellet, und daraus richtig geschlossen worden; so ist nicht zu zweifeln, daß hier eine wahre Ursach der Sprengung desselben angegeben sey. Nun ist das erstere ohnstreitig geschehen, wie wir hernach sehen werden: allein was die daraus geschlossene Ursach der Sprengung des Glaß-Tropfens betrift; so bindet Herr Homberg sich, wie es scheinet, zu sehr an die von ihm beliebte Vergleichung desselben mit einer gehärteten Stahl-Klinge, und dadurch scheinet seine Erklärung einigen Zwang zu leiden, der den uneingeschränkten

Beyfall, den sie sonst finden würde, verhindert. Denn es findet sich doch zwischen einen Glaß-Tropfen und einer gehärteten Stahl-Klinge, wenigstens in Ansehung ihrer Materien und deren Eigenschaften ein grosser Unterschied, und dieser verursachet den gegründeten Zweifel, daß die Sprengung des ersteren dennoch etwas anders zugehen könnte, als das Zerspringen der letzteren. Glaß und Stahl sind Materien von verschiedenen Eigenschaften, und diese werden, wenn sie beyde von der Hitze durchdrungen sind, auch verschiedene Würkungen äussern: daher kan bey der darauf erfolgenden schleunigen Verkältung der Glaß-Tropfen sich in einem andern Zustande befinden, als die gehärtete Stahl-Klinge. Diese Verschiedenheit des Zustandes könnte denn eine hinreichende Ursach seyn, warum ein Glaß-Tropfen auf eine ganz andere Art gesprenget werde, als eine Stahl-Klinge zerbricht, und das findet sich auch in der That so.

Ueberdem weiß ich auch nicht, ob es sich mit einer gehärteten Stahl-Klinge, wenn sie auf die gemeldete Art gebeuget wird, allemahl so verhalte, wie es hier vorgestellet worden. Solte dem aber würklich so seyn; so siehet man zwar wohl daß die Sätze des Herrn Hombergs größten Theils sehr gegründet sind, und daß damit vieles zur Erklärung der Sache gesagt worden: allein ein Glaß Tropfen wird gesprenget, und eine Stahl-Klinge zerbricht: zwischen beyden ist ein grosser Unterschied. Die Theile einer gehärteten Stahl-Klinge fallen auseinander, und die Theile eines zerspringenden Glaß-Tropfens fahren mit grosser Gewalt auf allen Seiten auseinander. Dieser letztere Umstand ist hier

die

die Haupt-Sache, deren Erklärung eigentlich gesucht wird, und davon findet sich in allen Sätzen des Herrn Hombergs nichts.

Also ist die Vergleichung eines Glaß-Tropfens mit einer gehärteten Stahl-Klinge in Ansehung der Haupt-Sache von wenigen Nutzen, und dennoch ist sie nicht ganz zu verwerfen. Man muß bey der Sprengung des Glaß-Tropfens einen gedoppelten Umstand unterscheiden: der erstere ist das Zerbrechen seiner Theile, der andere ist das auseinander fahren derselben: der erstere hat seinen Grund in der starken Beugung, die die Materie des Glaß-Tropfens leidet, wenn von dem spitzen Ende desselben etwas abgebrochen wird, der andere hat seinen Grund in der Würkung einer ganz andern Kraft, die von derjenigen, welche die Spitze abbricht, unendlich verschieden ist. Den ersteren Umstand hat Herr Homberg, wie ich dafür halte, glücklich erkläret, der andere aber ist dabey unberühret geblieben, und befindet sich also noch in seiner vorigen Dunkelheit. Also thut die Erklarung des Herrn Hombergs wenigstens etwas zur Sache, indem sie zeiget, wie die Materie eines Glaß-Tropfens zerbrochen werde, und das ist es auch nur, was man von der Sache weiß: das wichtigste aber, nemlich was für eine Kraft es sey, die die auf die gemeldete Art zerbrochenen Theile eines Glaß-Tropfens nöthiget mit solcher Gewalt auseinander zu fahren, ist noch unbekant.

Es ist auch nicht zu vermuthen, daß man dieses Geheimniß so leicht entdecken werde, wenn die Sache nicht etwa dadurch in einiges Licht gesetzet wird, daß man bey Voraussetzung der von dem Herrn Homberg gemel-

gemeldeten Sprödigkeit und Zerbrechlichkeit des Glases und der Art und Weise wie sich diese beyden Eigenschaften beym Zerspringen des Glaß-Tropfens würksam beweisen, noch dieses annimmt: daß die inwendigen Theile desselben, wenn er glüend in kaltes Wasser fällt, in einen engern Raum zusammen gedruckt werden, welches auch daher begreiflich zu seyn scheinet, weil die äussere Rinde sich bey der schleunigen Abkühlung im Wasser enge zusammen ziehet, da unterdessen die innere Materie von der Hitze noch weich ist, und also der von diesem Zusammenziehen entstehenden Zusammendruckung nachgeben kan. Diese Erklärung setzt aber voraus, daß das fliessende oder durch die Hitze erweichte Glaß einer solchen Zusammendruckung fähig sey, und das muß erst noch ausgemacht werden. Solte dem aber würklich so seyn; so würde man daraus die so merkwürdige Sprengung eines Glaß-Tropfens begreifen können. Denn wenn man mit Herrn Homberg annimmt, die äussere Rinde zerbreche so, wie eine gehärtete Stahl-Klinge; so würde alsdenn die innere so gewaltsam zusammen gedruckte Materie Raum gewinnen sich mit derjenigen Kraft auszubreiten, mit welcher sie durch die gehärtete äussere Rinde zusammen gedruckt worden, und darauf würde denn, vermöge der Zerbrechlichkeit des Glases, ein solches auseinander fahren der kleinen Stücklein erfolgen müssen.

Die Eigenschaften des Glases zeigen sich schon in dem Zustande, in welchem wir dasselbe unter Händen haben und Gebrauch davon machen, sehr sonderbar: vielleicht würden wir sie noch mehr so befinden, wenn wir dasselbe, indem es von der Hitze fliessend ist, eben

so

so behandeln könnten. Dieselbe Materie, die in ihrem natürlichen Zustande eine der härtesten und sprödesten ist, kan vielleicht durch die Hitze eine solche Veränderung leiden, bey der sie eine Feder-Kraft gewinnt, vermöge deren sie sich zusammen drucken und wiederum ausdähnen kan. Wenigstens ist es, wenn man das nicht annimmt, nicht zu begreifen, was für eine Kraft es seyn müsse, durch deren Würkung die Trümmern des zerspringenden Glaß-Tropfens dermassen, wie ich hernach melden werde, zerstreuet werden. Sie fahren nach allen möglichen Richtungen auseinander, und eben dieses zeiget an, daß die Kraft, die sie zerstreuet, mitten in der Masse des Glaß-Tropfens vorhanden sey, und von da aus nach allen möglichen Richtungen würke. Hier läßt sich nun, wie es scheinet, nichts anders gedenken, als eine Feder-Kraft, die allen denen Richtungen, nach welchen ihr vor der Sprengung widerstanden wird, entgegen würket, und diese muß also in dem Glaß-Tropfen, ehe er zerspringet, nach allen möglichen Richtungen von aussen gegen die Mitte desselben einen Widerstand finden, der sie nicht eher ungehindert würken läßt, bis die äussere Rinde zerschmettert ist, d. h. die innere Materie des Glaß-Tropfens muß durch die Härtigkeit der äusseren Rinde ehe er zerspringet, zusammen gedruckt seyn.

Es ist gewiß, daß der Ursprung dieser sonderbaren Eigenschaft des Glaß-Tropfens in der schleunigen Abkühlung, die er bey seiner Verfertigung leidet, aufzusuchen sey. Um davon genugsam versichert zu werden, ließ ich mir von einer Glaß-Hütte einen Vorrath von Glaß-Tropfen schicken, davon ein Theil auf die gewöhn-

wöhnliche Art gemacht war: den andern aber hatte man auf mein Verlangen, als sie aus dem Ofen geflossen, im heissen Wasser aufgefangen. Diese letzteren waren der äussern Gestalt und dem völligen Ansehen nach von den erstern gar nicht verschieden: sie hatten auch in der Mitte ihres Kopfes diejenigen Luft-Blasen, die man in den Glaß-Tropfen allemahl wahrnimmt. Bey dem allen hatten sie nicht die geringste Kraft zu zerspringen, wenn auch das spitze Ende derselben, so weit es sich nur wolte thun lassen, abgebrochen wurde. Die ersteren hingegen zeigeten das völlige Vermögen einer sehr gewaltsamen Sprengung. Man siehet also daß die Ursach derselben lediglich in der schleunigen Abkühlung zu suchen sey: nun läßt sich von dieser Abkühlung keine andere Wurkung gedenken, als diese, daß die äussere Rinde des Glaß-Tropfens, die von dem kalten Wasser zuerst und unmittelbar berühret wird, dadurch zusammen gezogen werde, weil dieses die gewöhnliche Würkung der Kälte in Körpern ist, die vorher warm oder heiß gewesen, und ich vermuthe daher: je kälter das Wasser ist, in welchem sie aufgefangen werden, desto grösser werde die Kraft seyn, mit welcher sie zerspringen: auch dieses wird durch einige besondere Umstände, die ich hernach anführen werde, wahrscheinlich.

Wie merkwürdig nun diese Sprengung der Glaß-Tropfen sey, mit welcher grossen Gewalt sie geschehe, und wie viel sie auszurichten vermöge, will ich in der Beschreibung einiger Versuche zeigen, die so viel ich weiß, neu sind, und deren vor mir noch Niemand Erwähnung gethan hat.

Herr

Herr Homberg berichtet an vorhin gemeldeten Orte: die Heftigkeit mit welcher der Glaß-Tropfen im Luftleeren Raum zerspringe, sey so groß, daß, als er einst diesen Versuch gemacht, der Tropfen im Zerspringen die gläserne Kugel, in welcher er eingeschlossen war, zerschlagen habe. Dieses habe er niemahls wahrgenommen, wenn die Tropfen in einer mit Luft angefüllten Kugel zersprungen sind. Die Ursach davon erläutert er folgendergestalt:

„In einem Recipienten voll Luft werde die Stärke „des Stosses durch den Eindruck, den die Glaß-Stü„cken in die ihnen widerstehende Luft machen, geschwä„chet: in einem Luftleeren Raume aber finden die zer„sprengten Stücke keinen Widerstand, und ihr Stoß „gehe in voller Kraft gegen die Seiten des Recipien„ten. Daher wären auch die Stücken von einem „Glaß-Tropfen kleiner, wenn er im Leeren als wenn „er in der Luft ist: denn wenn die kleinen Glaß-Stück„lein mit grösserer Heftigkeit gegen die Seiten eines „von Luft ausgeleerten Gefässes geworfen würden; so „würde sie daselbst noch einmahl zerschlagen."

Dieser Zufall, der dem Herrn Homberg begegnet, ist gewiß merkwürdig, zumahl wenn die zerschlagene Kugel von einer beträchtlichen Grösse gewesen seyn solte, wovon aber nichts gemeldet wird, und woran auch sehr zu zweifeln ist. Denn da der Versuch in einem Luftleeren Raume gemacht worden; so muß die Kugel unter den Recipienten, und also klein gewesen seyn: und was die Erklärung betrift, die Herr Homberg von der Sache giebt; so ist dieselbe zwar hinreichend die wahre und eigentliche Ursach dieser Begeben-

gebenheit völlig ausser Zweifel zu setzen: wenn man aber daraus schliessen wolte, daß ein jeder Widerstand, den der zerspringende Glaß-Tropfen findet, die Würkung desselben gegen das Gefäß, in welchem er zerspringet, vermindere; so würde man sich irren und es in der Erfahrung anders befinden. Daher trift diese Erklärung nur in dem Falle zu, in welchem Herr Homberg sich ihrer bedienet, und kan als eine allgemeine Regul, nach welcher die Würkungen der Sprengung des Glaß-Tropfens sich in dergleichen Umständen richten, nicht angesehen werden. Denn wenn nur die Abwesenheit alles Widerstandes dem Glaß-Tropfen, wie die Erklärung sagt, die Würkung verstattet, daß er die Kugel, in der er zerspringet, zerschlagen kan, und wenn dieses in einem mit Luft, oder mit einer andern noch stärker als die Luft widerstehenden Materie angefüllten Gefässe niemahls geschiehet, weil die Kraft der auseinander fahrenden Glaß-Stücklein durch diesen Widerstand geschwächt wird; so ist die Frage: wie es zugehe, daß sie gleichwohl eben dieses Gefäß zerschlagen, wenn sie auch einen viel grössern Widerstand darin finden, als ihnen die Luft entgegen setzen kan? daß dieses aber würklich geschehe kan man aus folgenden Versuchen abnehmen.

Ich hatte schon verschiedenes mit den Glaß-Tropfen vorgenommen, um ihre Eigenschaften und die Ursachen ihrer Würkungen zu erforschen. Ich hatte sie sowohl in der freyen Luft, als im Luftleeren Raume zerspringen lassen, und niemals waren die Recipienten und andere gläserne Gefässe, deren ich mich bey dieser Gelegenheit bedienet, dadurch beschädiget worden: allein

allein bey einem dieser Versuche eräugete sich ein Umstand, der mich veranlassete ein Trink-Glaß von gewöhnlicher Dicke im Glase und Weite mit Wasser anzufüllen, und einen Glaß-Tropfen darin zerspringen zu lassen, um zu untersuchen, wie sich die Trümmern desselben im Wasser verhalten, ob sie das Wasser trübe machen, mit welcher Geschwindigkeit sie zu boden sinken würden, u. s. w.: aber wie erstaunte ich, da das Trink-Glaß beym Zerspringen des Glaß-Tropfen in Stücken zerschlagen wurde! Ich trug anfänglich sehr viel Bedenken diese Würkung dem Glaß-Tropfen selbst zuzuschreiben, und gleichwol war es nicht möglich eine andere Ursach, von der sie herrühren konnte, zu entdecken. Ich wiederholte daher den Versuch in einem Trink-Glase von eben der Beschaffenheit: nachdem ich dasselbe mit Wasser angefüllet, hielt ich den Glaß-Tropfen mitten im Wasser so, daß der Kopf desselben bey der Sprengung in der Mitte des Glases unbeweglich blieb, und mit der rechten Hand brach ich etwas von der unter dem Wasser stehenden Spitze des Glaß-Tropfens ab. Das Trink-Glaß wurde in mehrere Stücken zerschlagen, und das geschahe bey allen folgenden Versuchen, die ich um einer so unerwarteten Würkung gewiß zu werden, sehr oft wiederholte. Wenn der Glaß-Tropfen näher gegen die eine Seite des Glases gehalten wurde; so schlug er nur ein grosses Stück aus derselben Seite heraus, so, daß der obere Rand und die übrigen Seiten verschonet blieben: so oft er aber in der Mitte des Glases zersprang; wurde auch das ganze Glaß in Stücken zerschlagen.

Das ist nun eine Würkung des Glaß-Tropfen, die man, wenn sie nicht zufälliger Weise entdeckt wor-

den wäre, wol schwerlich vermuthet haben würde. Daß der Widerstand des Wassers gegen die zerspringenden Glaß-Stücken viel grösser als der Widerstand der Luft sey, ist leicht zu begreifen. Denn um wieviel ist nicht die Luft dünner und leichter zu durchdringen, als das Wasser! und um so viel sonderbarer scheinet dergleichen Würkung eines Glaß-Tropfen im Wasser zu seyn. Man siehet hieraus wie verschieden die Würkungen des Widerstandes flüßiger Materien sind, und wenn man gleich der Meinung ist, man habe sie unter gewisse allgemeine Gesetze begriffen, nach deren Entscheidung sie ausfallen müssen; so finden sich doch gewisse Fälle, die eine Ausnahme machen, und die uns belehren, wie wenig sich die Natur in die engen Gränzen der uns bekannten Gesetze einschränken lasse, und wie weit wir noch von einer vollständigen Erkenntniß des ganzen Umfanges derjenigen Gesetze, nach welchen sie sich in ihren Würkungen richtet, entfernet sind. Wie schwer ist es also nicht zu entscheiden, was oder wieviel die Kräfte der Natur in gewissen vorkommenden Fällen ausrichten werden? Je weiter man in der Erkenntniß ihrer Würkungen gekommen ist, desto weniger wird man sich eines solchen entscheidenden Ansehens anmassen wollen. Mir schien obige von den Widerstande der Luft hergenommene Erklärung des Herrn Hombergs ganz unverwerflich zu seyn, und dafür sehe ich sie auch noch jetzt an. Gleichwol thun diese Versuche, wie es sich ansehen läßt, eine Einsprache in dieselbe, und machen ihre allgemeine Gültigkeit, folglich auch ihre Brauchbarkeit zweifelhaft: allein wir müssen diese Zweifel zu heben suchen. Vielleicht findet eine merkliche Verschiedenheit zwischen diesen und des

Herrn

Herrn Hombergs Versuchen statt, gleichwie auch Luft und Wasser Materien von sehr verschiedenen Eigenschaften sind, die man kennen muß; wenn man die Gesetze, nach welchen die Natur sich in ihren Würkungen richtet, verstehen will. Und dazu wird uns eine fortgesetzte Betrachtung dieser Versuche Anleitung geben.

Die lebhafte Bewegung, mit welcher die Stücken der zerschlagenen Trink-Gläser auseinander fuhren, ließ mich vermuthen, daß das Vermögen eines Glaß-Tropfens auch wol hinreichend seyn mögte gläserne Gefässe von grössern Umfange zu sprengen. Um also zu erfahren, wie weit dasselbe sich erstrecke, versahe ich mich mit einer Anzahl gläserner Kolben, deren Köpfe eine Kugelförmige Gestalt hatten, und 6 bis 8 Zoll im Durchmesser enthielten. Vermittelst herumgewickelter und angezündeter Schwefel-Fäden ließ ich die Hälse der Kolben von diesen Kugeln absondern, und auf diese Art bekam ich einen Vorrath von gläsernen Kugeln, an denen man das Vermögen der Glaß-Tropfen auf die Probe stellen konnte.

Bey allen diesen Versuchen sahe ich sorgfältig darauf, daß der Kopf des Glaß-Tropfens, wenn er zerspringen solte, genau in dem Mittel-Puncte der Kugel gehalten wurde, und so rageten von einigen die Spitzen aus dem Wasser, mit welchem die Kugeln allemal ganz angefüllet waren, hervor, von andern blieben sie nach Beschaffenheit ihrer Länge unter den Wasser. Genug! alle diese Kugeln wurden gesprenget, ob wol auf verschiedene Weise: einige zerfuhren in mehrere Stücken aus einander, aus andere wurden grosse

Stücken heraus geschlagen, auch mußte ich bisweilen 2 oder 3 Glaß-Tropfen in einer Kugel zerspringen lassen, ehe sich eine fand, von der die Kugel gesprenget wurde.

Dieser letztere Umstand zeiget eine Verschiedenheit in dem Vermögen der Glaß-Tropfen, die ich oft bemerkt habe, ohne in ihrer Gestalt und Grösse oder überhaupt in ihrem äussern Ansehen eine Ursach davon finden zu können: man wird sie also lediglich in den verschiedenen Graden der Kälte des Wassers, in welchem sie gemacht werden, aufzusuchen haben. Denn weil nur diejenigen Glaß-Tropfen, die man in kalt Wasser fallen lassen, zerspringen, und die andern, die man in warmen Wasser aufgefangen hat, gar nicht; so muß die Kraft mit welcher sie zerspringen, abnehmen, so wie die Kälte des Wassers, in welchem sie aufgefangen werden, abnimmt, d. h. sie muß mit zunehmenden Graden der Wärme des Wassers sich endlich gar verlieren. Hingegen muß das Sprengungs-Vermögen der Glaß Tropfen um so viel grösser seyn, um wie viel das Wasser, in welchem sie gemacht werden, kälter ist, und im Wasser von hohen Grade der Kälte muß der Glaß Tropfen ein sehr grosses Vermögen gewinnen. Diese Schlüsse gründen sich auf dasjenige, was ich vorhin von Glaß-Tropfen die zum Theil in kalten und zum Theil in heissen Wasser gemacht worden, gesagt habe, und da sie ohnstreitig richtig sind; so wird daraus noch weiter folgen: daß, wenn in einem mit kalten Wasser angefüllten Gefässe eine beträchtliche Anzahl aus dem Ofen fliessender Glaß-Tropfen aufgefangen wird; so müssen die letzteren von geringerer Kraft seyn als die ersteren: denn das Wasser

wird

wird durch das hineinfallende und von der Hitze fliessende Glaß nach und nach erwärmet, und durch die darauf erfolgende geringere Abkühlung wird die Feder-Kraft des Glaß-Tropfens vermindert. Man muß also Glaß-Tropfen haben, die im Wasser von beständig gleichen Grade der möglichst grössesten Kälte gemacht sind, wenn sie, und zwar ein jeder derselben ohnfehlbar, grosse Kugeln sprengen sollen: widrigenfalls wird der Widerstand einer grössern Kugel der Kraft eines in weniger kalten Wasser gemachten Glaß-Tropfens gewachsen seyn.

Das alles wird sich durch fernere Versuche, die aber nur auf der Glaß-Hütte gemacht werden können, leicht bestätigen lassen. Zu dem Ende solte man sich bey der Verfertigung der Glaß-Tropfen des kältesten Wassers, das zu haben ist, bedienen, und in das Gefäß, in welchem sie aufgefangen werden, ein gutes Thermometer setzen, und den Grad der ersten Kälte daran bemerken. Sodann solte man, sobald eine von den hineinfallenden Glaß-Tropfen herrührende Abnahme der Kälte vermerket würde, sogleich frisches Wasser von vorigen Grade der Kälte untersetzen, und auf diese Art würde man Glaß-Tropfen von durchgehends gleicher und sehr grosser Kraft bekommen.

Bisweilen hat es das Ansehen, als ob ein grosser Glaß-Tropfen mehr Kraft besitze, als ein kleinerer: es findet aber auch hierin eine Ausnahme statt. Ein flüßiger Körper, der grosse Tropfen bildet, ist nicht in denselben Grade flüßig, in welchem er es ist, wenn er sie kleiner bildet. Da nun die Flüßigkeit des Glases von der Stärke der Hitze, von welcher es durchdrun-

gen ist, abhanget; so wird die zunehmende Grösse seiner Tropfen auch eine Würkung der Abnahme dieser Hitze seyn können, und in diesem Falle wird die Kraft, die der Glaß-Tropfen bey der Abkühlung gewinnet, auch nicht so groß seyn, als sie es seyn würde, wenn er bey einem höhern Grade der Hitze abgekühlet wäre. Daher kan ein grosser Glaß-Tropfen auch wol von geringerer Kraft, als ein kleinerer, seyn.

Unter dem Vorrathe von Glaß-Tropfen, die ich bey der Hand hatte, fand sich immer ein dritter oder vierter, von dem eine mit Wasser angefüllte gläserne Kugel, die ohngefähr 6 bis 8 Zoll im Durchmesser hatte, gesprenget wurde: aber keiner unter ihnen vermogte an einer Kugel von mehr als 8 Zoll im Durchmesser etwas auszurichten. Ich ließ von einigen gläsernen Kolben die Köpfe, die Kugeln von 9 bis 10 Zoll im Durchmesser waren, absondern und einige Glaß-Tropfen in dem Wasser, womit sie angefüllet waren, zerspringen: sie wurden aber nur sehr stark erschüttert ohne einigen Schaden davon zu leiden.

Ist die gläserne Kugel nicht mit Wasser angefüllet; so vermögen die Trümmern des Glaß-Tropfens gegen sie nichts, wenn sie gleich nur klein und dünne im Glase ist. Und nun wird es also nöthig seyn die Ursachen aufzusuchen, warum der Glaß-Tropfen bey einem so grossen Widerstande, den ihm das Wasser entgegen setzt, dennoch ein Gefäß von so weiten Umfange sprengen könne, und warum diese Würkung, wenn die Kugel bloß mit Luft angefüllet ist, gänzlich wegfalle. Man kan es schon aus der Beschaffenheit der bisher gemeldeten Versuche abnehmen, daß diese

Würkung

Würkung den Glaß-Tropfen alleine nicht beygemessen werden könne, sondern daß ihnen das Wasser selbst, in welchem sie zerspringen, vermöge gewisser Eigenschaften, die die Luft vielleicht nicht besitzt, dazu behülflich sey. Ich kan es zwar mit völliger Gewißheit nicht behaupten, es scheint mir aber aus einigen Umständen sehr wahrscheinlich zu seyn, daß die Seiten des Glases oder der Kugel, indem sie der Glaß-Tropfen sprenget, von den Trümmern desselben nicht einmal berühret werden. Die Bewegung ist sehr schnell, und der Augenschein kan hierin schwerlich etwas entscheiden: wenn man aber die Lage, in welcher sich die Trümmern auf den Boden des zerschlagenen Gefässes befinden, bemerket; so ist es oft schwer zu begreifen, wie sie erst jene zerschlagene Seite berühren und hernach in diese Lage hinab sinken können. Oft fahren die Stücken des Glases oder der Kugel bis auf den Boden auseinander und verschütten das Wasser, womit sie angefüllet waren, gänzlich, und nichts von den Trümmern des Glaß-Tropfens fähret mit heraus; sondern sie befinden sich sämmtlich auf dem abgebrochenen Boden, der bey dem Versuche allemal stehen bleibet. Bisweilen wird aus der gläsernen Kugel ein Stück an einem solchen Orte heraus geschlagen, daß man schlechterdings behaupten kan: die Trümmern des Glaß-Tropfens hätten nothwendig durch die entstandene Oefnung mit hinaus fahren müssen, wenn sie die zerschmetterte Seite der Kugel berühret hätten, zumal, da im Wasser kein Zurückprallen derselben von dieser Seite statt finden kan: und gleichwol findet man sie sämmtlich in dem untern Theile der Kugel, der bey der Sprengung stehen bleibt. Ich vermuthe also das Zer-

streuen der Trümmern des Glaß-Tropfens werde durch den Widerstand des Wassers dermassen gehindert, daß diese kleinen und leichten Glaß-Stücken nicht einmal bis an die Seiten des Gefässes durchdringen; sondern sogleich von dem Orte, wo der Glaß-Tropfen zerspringet, auf den Boden hinab sinken.

Wir wollen aber annehmen, sie gelangen würklich bis an die Seiten des Gefässes; so wird doch ihre Kraft, mit welcher sie aus einander fahren, durch den Widerstand des Wassers so geschwächt und ihre Geschwindigkeit so vermindert werden, daß ihr Anstoß an die Seiten, wenn sie ja bis dahin kommen, von keiner Würkung seyn kan. Ich bin daher gänzlich der Meinung, daß wenn eine Sprengung des Gefässes erfolget; so sey dieselbe schon geschehen, ehe die Trümmern des Glaß-Tropfens das Gefäß berühren konnten, und auf diese Art würde sie dem Anstosse dieser Trümmern gar nicht zugeschrieben werden können.

Man wird also den Unterschied zwischen diesen Versuchen und demjenigen, dessen Herr Homberg gedenket, leicht einsehen können. Bey den letzteren wurde die Kugel, weil sie vermuthlich klein und dünne im Glase war, durch den Anstoß der auseinander fahrenden Glaß-Stücklein zerschlagen, hier hingegen thut es dieser Anstoß gewiß nicht. Daher konnte die von dem Herrn Homberg gemeldete Sprengung durch die Abwesenheit der Luft befördert werden. Denn die Trümmern des Glaß-Tropfens wurden dabey durch nichts gehindert ihre völlige Kraft an der Kugel zu beweisen: hier aber findet sich alles ganz anders, und man siehet daraus daß der Glaß-Tropfen seine Würkung

kung auf eine gedoppelte Art äussern könne, einmal vermittelst seiner auseinander fahrenden Trümmern, das andere mal ohne dieselben. Auf die erstere Art wurde die Kugel des Herrn Hombergs, und auf die andere Art wurden die hier gemeldeten Gefässe zerschlagen. Die erstere Art ist leicht zu begreifen und durch Herrn Hombergs Erklärung ausser Zweifel gesetzt: die andere Art ist mehr verborgen, und die Erklärung derselben findet Schwierigkeiten. Dennoch will ich sie wagen, und das Urtheil darüber dem Leser überlassen.

Ich stelle mir die Sache so vor: Die innere Masse des Glaß-Tropfens befindet sich, wie ich es oben wahrscheinlich zu machen gesucht, sehr zusammen gedruckt, und in diesem Zustande wird sie durch die Festigkeit der äussern gehärteten Rinde erhalten. So bald diese zerbricht, findet die innere zusammen gedruckte Masse kein Hinderniß sich vermöge ihrer Feder-Kraft auszubreiten; sie fähret also auseinander, mit einer Kraft die dem Grade der Zusammendruckung, die sie leidet, gemäß ist. Befindet sich nun der Glaß-Tropfen, indem er zerspringet, mit Wasser umgeben; so empfängt dasselbe den ganzen Eindruck dieses schleunigen Stosses: weil es aber, vermöge seiner Stätigkeit und der gänzlichen Ermangelung einer Feder-Kraft in allen seinen Theilen, nicht nachgiebt; so vermindert es auch die Kraft des ihm beygebrachten Stosses nicht; sondern breitet denselben auf allen Seiten aus, und er kan sich nur durch die Vertheilung seiner Kraft an eine grosse Menge von Wasser-Theilen verliehren. Wenn aber der Umfang des Gefässes den zu solcher gänzlichen Vertheilung erforderlichen Vorrath von Wasser nicht

 fasset;

fasset; so erschüttert der Stoß die Seiten desselben mit einer Kraft, der die Sprödigkeit des Glases nicht gewachsen ist, und das Gefäß wird gesprenget, nicht durch die Trümmern des Glaß-Tropfens; sondern durch den Stoß, der den Wasser-Theilen, die die Seiten des Gefässes berühren, beygebracht ist.

Ich habe vorhin gesagt: die auf diese Art bewerkstelligte Sprengung eines mit Wasser angefüllten gläsernen Gefässes geschehe, ehe die Seiten desselben von denen in Bewegung gesetzten Trümmern des Glaß-Tropfens erreicht werden. Das scheinet auch durch folgende Betrachtung erläutert zu werden. Der Eindruck eines Stosses kan einem entfernten Körper auf eine gedoppelte Art beygebracht werden, einmal, vermittelst eines durch den Stoß in Bewegung gesetzten und bis zu den entfernten sich hinbewegenden Körpers: sodann vermittelst einer Materie, die den Raum zwischen dem entfernten Körper und dem Orte, wo der Stoß entstehet, ausfüllet. Im ersten Falle wird eine Bewegung durch diesen ganzen Raum, den ein Körper zurück legen muß, erfordert: im andern Falle wird der Stoß denen nahe liegenden Theilen der Materie beygebracht, und diese breitet ihn bis zu den entfernten Körper aus, ohne sich selbst von der Stelle zu bewegen. Die erste Bewegung erfordert eine merkliche Zeit, deren Theile sich durch die Anzahl der Theile des Raums, durch welchen die Bewegung geschiehet, unterscheiden lassen: die andere Art der Fortpflanzung des Stosses kan in einem Augenblicke geschehen, wenn die den Raum ausfüllende Materie die dazu erforderlichen Eigenschaften hat. Denn wenn man eine Anzahl

Kugeln

Kugeln in einer solchen Stellung neben einander bringet, daß ihre Mittel-Punkte in einer graden Linie liegen; so wird der Stoß, der der ersteren nach der Richtung dieser graden Linie beygebracht wird, die leztere in demselben Augenblicke in Bewegung sezen, und es findet sich hier nichts, wodurch die Fortpflanzung des Stosses verzögert werden könnte. Da man nun allen Ansehen nach behaupten kan, daß die mit Wasser angefüllten gläsernen Kugeln von dem Glaß-Tropfen auf die leztere Art gesprenget werde; so kan man daraus begreifen, warum diese Sprengung dem Anstosse der Trümmern des Glaß-Tropfens an die Seiten der Kugel zuvorkomme.

Also beweisen diese Versuche das grosse Vermögen des Wassers, wenn demselben ein schleuniger Stoß beygebracht wird, und diese Entdeckung schien mir sehr wichtig zu seyn, ich war auch entschlossen einen gewissen vortheilhaften Gebrauch davon zu machen, wozu mir die Erinnerung einer merkwürdigen Begebenheit Anleitung gab.

Ich hatte einige Zeit vorher, ehe ich diese Versuche machte, einem Feuer-Werke, welches unter andern auch in verschiedenen auf der Elbe abgebrandten Wasser-Feuern bestand, zugesehen. Unter diesen leztern befand sich ein sogenannter Wasser-Taucher, dessen Hülse ohngefähr einen Zoll im Durchmesser hatte, und einen Fuß lang war: sie war mit Raqueten-Saz geschlagen, und unterwärts mit einem Schlage von ohngefähr zwey Loth Pulver versehen, auch mit einem Gewichte beschweret. Man zündete ihn an, und warf ihm vom Ufer einige Schritte weit ins Wasser: er fuhr

mit

mit grosser Geschwindigkeit zu Grunde, und man sahe bey der Dunkelheit der Nacht einen schwachen Schein seines Feuers im Wasser: als dasselbe den Schlag erreichte crepirte der Taucher mit einem zwar dumpfigen Knalle, allein am Ufer verspürte man unter den Füssen eine sehr starke Erschütterung. Das war nun eine entsetzliche Würkung, die der Taucher an und vor sich gewiß nicht hervor gebracht haben würde; sondern das Wasser war es, welches diesen durch die Sprengung desselben hervor gebrachten schleunigen Stoß denen festen Theilen des benachbarten Ufers mit solcher Heftigkeit beybrachte.

Man sagt: bey den bekannten Bombardement womit Ludwig XIV. die Stadt **Genua** ängstigen ließ, sey unter andern eine Bombe nahe an der Stadt ins Meer gefallen, durch deren Sprengung im Wasser die Grundfeste der Stadt sehr stark erschüttert worden. Seitdem ich jene Würkung des Wasser-Tauchers empfunden und die hier beschriebenen Versuche gemacht, habe ich aufgehöret diese Anekdote einer übertriebenen Vorstellung zu beschuldigen. Was ist eine von so wenigen Pulver crepirende Hülse gegen eine mehr als 100pfündige gefüllte eiserne Bombe, die in den Gewässern eines mit Felsen und Mauren eingefaßten Hafens gesprenget wird? Ehe man eine solche von mehreren bezeugte Erfahrung schlechterdings verwirft, muß man vorher die Würkungen des Wassers, das auf diese Art erschüttert worden, kennen lernen: und sie kan kaum unwahrscheinlicher seyn, als einem jeden, der von denen hier beschriebenen Versuchen nichts weiß, vielleicht der Gedanke seyn wird: daß

eine 6 bis 8 Zoll weite und mit Wasser angefüllte Kugel durch einen Glaß-Tropfen gesprenget werden könne.

Herr **Beccaria** Prof. der Natur-Lehre in **Turin** machte einige electrische Versuche, die mit diesen eine gewisse Aehnlichkeit haben, von denen ich aber nur eine sehr unvollkommene Beschreibung in dem englischen monthly Review vom Monath October 1767. pag. 246, 247. gelesen habe. Herr Beccaria befestigte einige Drath-Stangen in engen gläsernen mit Wasser angefüllten Röhren so nahe an einander, daß zwischen ihnen nur sehr wenig Wasser Raum hatte: er brachte diesen Stangen die electrischen Erschütterungen auf eine solche Art bey, daß die Funken zwischen ihren im Wasser stehenden Enden heraus fuhren, wo sie eben so, wie in freyer Luft sichtbar waren. Ein jeder dieser Funcken zerschmetterte die mit Wasser angefüllte gläserne Röhre, so, daß die Stücken weit auseinander fuhren. Die Wurkungen dieser electrischen Funken in das Wasser befand Herr Beccaria noch grösser als die Würkung der Feuer-Funken in das Schieß-Pulver, und sagt: „er zweifle nicht, daß wenn man ein Mittel „finden würde diese electrische Funken zahlreich und ge„schickt genug in Wasser hervor zu bringen, eine mit „Wasser geladene Canone eben die schrecklichen Wür„kungen haben würde, die sie hat, wenn sie mit Pul„ver geladen ist.“ Diesen letzteren Umstand lasse ich dahin gestellet seyn: weil aber die electrischen Erschütterungen in Wasser hier eben das, was die Sprengung eines Glaß-Tropfens, ausgerichtet; so siehet man daraus daß auf eine jede im Wasser hervor ge-

brachte

brachte Erschütterung allemahl dieselben Würkungen erfolgen.

Diese Eigenschaften des Wassers und das von ihnen herrührende Vermögen desselben dergleichen Erschütterungen mit solcher Gewalt ausbreiten und denen harten und festen Körpern, die es berühret, beybringen zu können, sind, wie mir deucht bisher unbekannt gewesen, und verdienen eine nähere Untersuchung, wozu ich durch die Beschreibung dieser Versuche habe Veranlassung geben wollen, und die Vergleichung der hier angeführten Erfahrungen wird folgende dazu diensame Sätze erweißlich machen:

1. Ein schleuniger Stoß, der im Wasser hervor gebracht wird, verursacht eine Erschütterung des Wassers, die dasselbe eben so, wie die Luft den Schall, ausbreitet.

2. Das Wasser breitet diese Erschütterung mit einer Geschwindigkeit aus, die noch grösser ist, als diejenige, mit welcher die Luft den Schall fortpflanzet: denn, wenn die Luft dergleichen Eindrücke empfänget; so giebt sie, vermöge ihrer Feder-Kraft, erst nach, ehe sie sich wieder herstellet, und dadurch wird die Ausbreitung des Schalls in der Luft verzögert, welches aber bey dem Wasser wegfällt.

3. Weil das Wasser sehr viel dichter ist als die Luft, und also dem Stosse, der demselben beygebracht wird, mit einer viel grössern Kraft widerstehet; so ist es auch eines viel grössern Eindrucks fähig, und daher werden die Erschütterungen des

Stosses

Stosses im Wasser mit einer Kraft ausgebreitet die um so viel grösser ist, als diejenige, mit welcher sie die Luft ausbreitet, um wie viel die Dichtigkeit des Wassers grösser ist, als die Dichtigkeit der Luft.

4. Man kan also von denen im Wasser hervor gebrachten schleunigen Erschütterungen eine Würkung in die harten und festen Körper, die dasselbe berühret, erwarten, die um so viel grösser ist als diejenige, welche die erschütterte Luft gegen sie äussern würde, um wie viel das Wasser dichter ist als die Luft. d. h. Die Kraft mit welcher das erschütterte Wasser in dergleichen Körper würkt, verhält sich zu derjenigen, mit welcher die auf eben die Art erschütterte Luft in sie würken würde, wie 970 zu 1.

Um von diesen Sätzen sogleich ein Beyspiel einer vielleicht nicht ganz unnützen Anwendung an die Hand zu geben, will ich noch eines Versuchs gedenken, dessen Betrachtung den Beschluß dieser Abhandlung von der Sprengung der Glaß-Tropfen ausmachen soll.

Es ist aus obigen leicht einzusehen, daß wenn eine Bombe im Wasser gesprenget wird, die daher entstehenden Erschütterungen sich mit eben dem Nachdruck gegen die Oberfläche des Wassers ausbreiten werden, mit welchem die benachbarten Ufer oder andere seitwärts liegende Gegenstände davon getroffen werden, wenn sonst die Entfernung von dem Orte, wo dieser Stoß entstehet, in allen diesen Fällen gleich groß ist. Wenn das Wasser also mit Eise als mit einer wegen ihrer

ihrer Sprödigkeit sehr zerbrechlichen Materie belegt ist; so muß auf solchen Stoß eine diesen Umständen gemässe Würkung in das Eis erfolgen.

Es ist bekannt: daß das aufgehende Eis womit grosse Ströme durch harten Frost beleget sind, denen Brücken, gegen welche es durch die Richtung des Stroms getrieben wird, eine grosse Gefahr drohet: um derselben vorzubeugen beschäftiget sich eine grosse Anzahl von Menschen oberhalb der Brücke lange Einschnitte in das Eis zu machen, damit die Schollen desselben beym Aufgehen klein genug ausfallen mögen um zwischen den Pfeilern der Brücke durchkommen zu können, welches aber eine langsame, kostbare und bisweilen, wenn nemlich der gedrohete Aufbruch des Eises durch einen harten unerwarteten Frost verzögert wird, auch eine vergebliche Arbeit ist.

Allen Ansehen nach biethen die angeführten Sätze ein Mittel an, dadurch dieser Zweck leichter, geschwinder und mit wenigern Unkosten erreicht werden kan: denn es ist zu vermuthen daß einige wenige Bomben das alles eben so gut und mit grosser Geschwindigkeit ausrichten werden, wenn man sie in aufgehauene Oefnungen des Eises in solchen Weiten von einander, in welchen die eine denen Würkungen der andern zu Hülfe kommen kan, und deren Grösse durch wiederholte Versuche leicht auszumachen ist, einsenkt.

Ich habe einen Versuch von der Art gemacht, von dem ich zwar schon vorher wußte, daß er hierin etwas zuverläßiges zu bestimmen nicht hinreichen würde: aber der Ausgang desselben unterstützet gleichwol die Hofnung,

nung, die man sich von der Würkung dieses vorgeschlagenen Mittels machen kan.

Ein bey Magdeburg in die Elbe sich ergiessender Fluß war vor dem Froste so angeschwollen, daß dessen Breite nahe an der Mündung über 12 Ruthen und die Tiefe ohngefähr 6 Fuß betrug. Darauf erfolgete ein starker Frost, der den Fluß mit 6 Zoll dicken Eise belegte. Weil es nun ganz unmöglich war eine eiserne Bombe zu bekommen; so ließ ich an deren Stelle eine hölzerne, die 10 Zoll im Durchmesser hatte, verfertigen, und sie mit 5 Loth Pulver füllen, auch mit einer 6 bis 7 Zoll langen Brand-Röhre versehen, und erwartete einen Abend, an dem es sich zu einen starken Nacht-Froste anlassen würde: denselbigen Abend ließ ich eine Oefnung in das Eis des besagten Flusses so groß als es der Umfang der Bombe erforderte, einhauen, und senkte letztere so tief in das Wasser, daß nur die obere Mündung oder das Gewölbe der Brand-Röhre über dem Wasser blieb. Die Oefnung um die Bombe herum ließ ich mit denen ausgehauenen Eis-Stücken wieder ausfüllen, um dadurch das Einfrieren derselben zu befördern. Die darauf folgende Nacht fiel ein starker Frost ein, und die Bombe saß des folgenden Tages feste. Denselben Nachmittag ließ ich sie sprengen, und sie crepirte ohne ein Stück Eis loßgerissen zu haben: allein in der Decke des Eises womit der Fluß belegt war, fanden sich vier oder fünf Risse, die sich insgesamt in der Oefnung, wo die Bombe gesessen hatte, anfiengen, und von da an nach verschiedenen Richtungen 15 bis 20 Fuß lang über den Fluß ausbreiteten. Solchergestalt that die hölzerne Bombe

allerdings das ihre, ob es gleich in Vergleichung mit dem, was man von einer eisernen erwarten kan, nur wenig ist, gleichwie der Widerstand, den das Holz dem entzündeten Pulver entgegen setzet, mit demjenigen, der sich bey einer eisernen Bombe findet, in keine Vergleichung kommt. Daher muß das Feuer des Pulvers oder vielmehr die durch dasselbe in der Bombe ausgedähnte Luft, um die eiserne Bombe zu sprengen, eine viel grössere Kraft anwenden, und um so viel grösser ist der Stoß, der dadurch dem umstehenden Wasser beygebracht wird. Es ist also zu vermuthen, daß eine geringe Anzahl eiserner Bomben eine grosse Fläche derjenigen Eisdecke mit welcher ein Fluß belegt ist, zerschmettern werde: und vielleicht ist es nicht nothwendig, daß man sie vorher allemal einfrieren lasse, als welches die Gelegenheit zu diesen Versuchen zu sehr einschränken würde. Wenn die in dem Eise gemachte Oefnung nicht grösser ist, als es die Einsenkung der Bombe erfordert; so kan es, meines Erachtens, in Ansehung der Würkungen, die hier von der Bombe erwartet werden, gleichgültig seyn, ob die Oefnung zugefroren ist oder nicht. Doch muß ich auch hierin die Entscheidung der Erfahrung überlassen. Um aber den eingesenkten Bomben mit dem Wasser unter dem Eise eine freye Gemeinschaft zu verschaffen, wird es nöthig seyn sie tief genug einzusenken, und mit langen Brandröhren zu versehen. Die Handhaben der Bombe lassen allemal eine solche Einsenkung bewerkstelligen die die Umstände erfordern, und einige wenige Versuche werden hinreichen die Reguln zu bestimmen, nach welchen man sich bey Anlegung dieser Art von Minen zu verhalten hat.

Ich

Ich habe hier vorausgesetzt, daß die von der Sprengung der Bomben entstehende Erschütterung sich im Wasser nach allen Richtungen mit gleicher Kraft ausbreite: es wird aber auch noch durch Versuche ausgemacht werden müssen, ob dieser Satz seine völlige Richtigkeit habe, denn es scheinet als ob in dieser Absicht wol noch einige Ungewißheit obwalten könnte. Wenn man annimmt, die Bombe habe, indem sie gesprenget wird, eine solche Lage, daß ihre Mündung, in welcher die Brand-Röhre steckt, oberwärts stehet; so lehret es, wo ich nicht irre, die Erfahrung, daß die Risse, durch welche das Feuer die Stücken der Bombe von einander trennet, nicht um den Körper der Bombe herum, sondern von der Mündung nach den Boden, der insgemein dicker ist, herunter laufen. In diesem Falle würden also die Stücken der Bombe nicht ober- und unterwärts, sondern seitwärts auseinander fahren, und wenn das ist, so werden die daher entstehenden Erschütterungen des Wassers sich mit einer grössern Kraft seitwärts als oberwärts gegen das Eis, womit der Strom bedeckt ist, ausbreiten. Alsdenn ist es nöthig die Bomben im Wasser in eine solche Lage zu bringen, daß ihre Brand-Röhre waagerecht liege, und diese letztere nach einen rechten Winkel mit einer andern Brand-Röhre, die bey einer solchen Lage der Bombe senkrecht aus dem Wasser hervorrage, zu verbinden. Die eigentliche Brand-Röhre der Bombe muß in diesem Falle sehr kurz, und nicht mit Satz, sondern mit trocknen Korn-Pulver, das mit dem in der Bombe befindlichen Pulver Gemeinschaft hat, gefüllet, die verlängerte Brand-Röhre aber, wie gewöhnlich, mit Satz geschlagen seyn.

Vor allen Dingen aber muß durch einfache Versuche vorher ausgemacht werden: in welcher Tiefe unter den Eise bey einer gegebenen Dicke desselben die Würkung der Bombe den grössesten Umfang habe, und wie groß derselbe sey? und daß überlasse ich denen, die mit diesen Sachen sich abzugeben Lust und Gelegenheit haben. Wenigstens scheinet der Vortheil, den man sich von diesen Versuchen, allem Ansehen nach, versprechen kan, erheblich genug zu seyn, um zu Bewerkstelligung derselben einen Bewegungs-Grund abgeben zu können, und einige wenige mit der erforderlichen Sorgfalt eingerichtete einzele Versuche werden die benöthigte Belehrung, wie man denen bey dieser Unternehmung sich hervorthuenden Schwierigkeiten begegnen könne, nicht versagen.



Der neunte Versuch.

Von der mechanischen Einrichtung der Muskeln in thierischen Körpern.

Borelli Werk de motu animalium giebt zu verschiedenen wichtigen Betrachtungen Anleitung, und enthält Erläuterungen der Lehre von den Muskeln, die viel Aufmerksamkeit verdienen. Es ist zwar vermöge der Beobachtungen der neuern Physiologen zweifelhaft: ob die Fibern der Muskeln würklich von derjenigen innern Gestalt und Einrichtung sind, die er behauptet, und ob ihre Aufschwellung und Verkürzung, deren man, wenn sie ihre Dienste thun, gewahr wird, in der That von denen würkenden Ursachen herrühre, die er annimmt: da aber noch keiner unter ihnen etwas besseres und gewisseres davon gelehret hat, und selbst der berühmteste, und der in der Untersuchung dieser Sachen am weitesten gegangen ist, nemlich der **Herr von Haller** kein Bedenken trägt, wenn von der würkenden Kraft der Muskeln und von der Art und Weise, wie sie würket, die Rede ist, seine Unwissenheit zugestehen: da überdem in den neuern Untersuchungen dieser Sachen noch nichts entdeckt worden, das man schlechterdings als einen Einwurf gegen Borells Hypothesen von der innern Gestalt und Bewegung der Muskeln anzusehen hätte; so wird man auch wol noch nicht genugsam berechtiget seyn sie gänzlich zu verwerfen. Indessen werde ich sie jetzt an ihren Ort gestellt seyn lassen, und mich so wenig in eine ausführliche Vertheidigung als Widerlegung derselben ein-

lassen, zumal, da beydes zu meinen Vorhaben nicht nöthig ist.

Was aber die äussere sichtbare Einrichtnng der Muskeln betrift; so findet sich in Borells Sätzen viel wahres, das selbst durch den Augenschein bestätiget wird, und von Niemand in Zweifel gezogen werden kan. Wenn wir also gleich nicht wissen, was für eine Materie und welche Kraft es sey, dadurch die Bewegung der Muskeln verursachet wird; so fällt doch die äussere Gestalt der leztern in die Augen: man siehet die Verbindung ihrer Theile, die Art und Weise, wie sie vermöge dieser Verbindung in einander würken, und wie durch ihre gemeinschaftliche Würkung die Bewegung der Muskeln bewerkstelliget, und dasjenige dadurch ausgerichtet wird, was wir ohne Bewunderung nicht betrachten können. Das ist nun wenigstens etwas von der Sache, das wir wissen, und davon wir uns mit Gewißheit belehren können. Damit müssen wir für das erste zufrieden seyn, und dasselbe hinlänglich zu erörtern und auszumachen suchen; so haben wir wenigstens einen guten Anfang in der Erkenntniß dieser Geheimnisse der Natur gemacht: und wenn es also genau bestimmt ist wie weit wir bis jezt darin gekommen, und welches die eigentlichen Gränzen unserer Einsichten in diese Sachen sind; so dürfen wir auch wol hoffen dereinst einmal weiter zu kommen.

Ich führe dieses an um dem Verfahren dererjenigen unter den Herrn Physiologen zu begegnen, die durch einige anscheinende Schwierigkeiten, welche die neuern Beobachtungen Borells Sätzen entgegen stellen, berechtiget zu seyn glauben alles, was Borell

von

von der Bewegung der Muskeln und von der Grösse dieser Bewegung gelehret hat, sogleich zu verwerfen. Das heißt nun ohnstreitig zu weit gegangen und dasjenige, was in Borells Sätzen von ausgemachter und unstreitiger Gewißheit ist, mit dem was darin mit Ungewißheit angenommen und voraus gesetzt worden, zuförderst unter einander, und sodann alles mit einander wegwerfen, und auf solche Art sich selbst den Zugang zur weitern Erforschung der Sache verschliessen. Die Erfahrung hat es schon viel zu oft gelehret, daß Hypothesen in der Erforschung und Entdeckung natürlicher Dinge einen grossen Vortheil schaffen, als daß ein solches Verfahren anzurathen wäre. Werden sie gleich bey weitern Fortgange in diesen Beschäftigungen unrichtig befunden; so haben sie doch oft zur Entdeckung der wahren Beschaffenheit der Sache, zu deren Erläuterung sie angenommen worden, die nächste Anleitung gegeben. Ueberdem kennet man, wie mir deucht, die innere Einrichtung der Muskeln noch viel zu wenig, als daß man Borells Hypothesen mit Gewißheit widerlegen könnte, und es kan gar wohl seyn, daß die bisher dagegen gemachten Einwürfe von unrichtigen Vorstellungen, die man sich von der Sache gemacht, herrühren. Z. B. Wenn Borell sagt: die Fibern eines in seiner Bewegung begriffenen Muskels würden durch das hinein tretende Blut und den Nerven-Saft aufgeschwellet und verkürzet; so wird das aus folgenden Gründen als unrichtig verworfen: es seye nicht zu begreifen woher so viel Blut und Nerven-Saft in die Muskeln hinein komme, und wo dasselbe hernach, wenn der Muskel seine Dienste zu leisten aufhöret, bleibe: man finde die diesen Vorrath hergeben-

den und hernach wieder aufnehmenden Gefässe nicht: man finde nicht, daß der Muskel alsdenn, wann er aufschwellet und verkürzet wird, schwerer werde, als er vorher war, u. s. w. Wie aber, wenn die ganze Sache durch einige wenige Tropfen Bluts und durch einen verhältnißmäßig unendlich geringern Theil des Nerven-Safts ausgerichtet würde? Vielleicht rühren also alle diese Einwürfe daher, daß man sich die Menge dieser in die Fibern des Muskels hineintretende flüßigen Materien grösser vorstellet, als sie es ist: denn solche zarten und feinen Gefässe können durch einen unendlich kleinen Vorrath angefüllet werden: vielleicht sind die Blut-Gefässe und Nerven des Muskels selbst diejenigen Behältnisse die diesen Vorrath enthalten, und vielleicht entziehen sich die kleinen Gänge, durch welche sie ihre Säfte in die Fibern des Muskels ergiessen, der Schärfe unserer Augen alsdenn, wenn der Muskel aufgehöret hat, das zu seyn, was er war: und was den vermißten Unterschied der Schwere desselben, wenn er in und ausser Bewegung ist, betrift; so fällt derselbe vielleicht darum weg, weil die ihn auftreibende Säfte in beyden Fällen in dem Muskel vorhanden bleiben.

Doch dem sey wie ihm wolle: was Borell in diesen Sachen gethan hat, das haben ihm wenige nachgethan: er verdienet also mehrere Achtung, und man muß wenigstens seine Säze mit der erforderlichen Unterscheidung beurtheilen.

Ein Muskel bestehet in einer Menge kleiner länglichter Werkzeuge, die man Fibern nennet, und deren innere Gestalt uns noch immer verborgen ist: sie laufen

sen parallel neben einander fort und endigen sich in einer gemeinschaftlichen Flechse, die in einer graden Linie mitten durch den Muskel hindurch gehet und gegen welche die Fibern eine schräge Richtung haben: folglich machen sie einen Winkel mit derselben, der in Ansehung der Lage aller Fibern gegen die Flechse gleich groß ist, und dessen Grösse sich bestimmen läßt. Das Ende der Flechse ist mit einer bewundernswürdigen Festigkeit an denjenigen Knochen, der durch den Muskel bewegt wird, angewachsen, und wenn eine Bewegung erfolgen soll; so schwellen die Fibern des Muskels auf und werden kürzer, die Flechse wird durch ihre vereinigte Kraft angezogen und der Knochen in Bewegung gebracht. Das ist das allgemeine von dieser Sache, welches, wie gesagt, in die Augen fällt, und davon sich also verschiedenes ohne Beyhülfe dieser oder jener Hypothese mit aller Gewißheit ausmachen läßt.

Der Muskel ist in aller Absicht eines der bewundernswürdigsten Werke die man in der Natur findet: dasjenige aber, was uns am meisten von ihm in die Augen fällt, und unsere Bewunderung erreget, ist die Grösse seiner Bewegung, deren Betrachtung ich mir hier auch hauptsächlich vorgenommen habe. Die mechanische Grösse einer Bewegung bestehet zuförderst in der Grösse des Vermögens womit sie geschiehet, und sodann in der Grösse der Geschwindigkeit mit welcher dieses Vermögen würket. Beyde Grössen machen bey einer jeden mechanischen Einrichtung die Haupt-Sache aus, und ihre Uebereinstimmung mit den Absichten dieser Einrichtung bestimmt die Vollkommenheit derselben. Diese Einrichtung sowol als die Grösse der

Bewegung verdienen nun bey der Betrachtung der Muskeln die grössesste Aufmerksamkeit: ich werde mich hier aber nur mit der letzteren beschäftigen, weil jene, nemlich die gedachte Einrichtung, in sofern sie physiologisch betrachtet wird, aus vielen Schriften, die die Lehre von den Muskeln vortragen, bekannt ist.

Die mechanische Einrichtung eines Muskels bestehet in der Verbindung seiner verschiedenen Theile, deren einige sich leidentlich verhalten und bloß beweget werden, andere hingegen würken mit einer ihnen eigenen Kraft, und verursachen dadurch die Bewegung: kurz, die Fiebern sind die bewegenden Theile, die Flechse und der Knochen sind die Theile, die beweget werden. Das Vermögen, womit die bewegenden Theile würken, ist von dem, welches die bewegten Theile zeigen, zu unterscheiden. Eine andere Kraft ist es, womit die bewegten Theile in Bewegung gesetzt werden, und wiederum eine andere Kraft ist es, welche sich in den bewegenden Theilen, nemlich in den Fibern, regen muß um die bewegten Theile mit dem erforderlichen Nachdruck bewegen zu können. Die letztere wissen wir noch nicht zu bestimmen: die erstere aber oder diejenige, womit die übrigen Theile des Muskels in Bewegung gesetzt werden, macht dasjenige aus, was wir von der Grösse dieser Bewegungen wissen, und in verschiedenen Fällen ganz genau bestimmen können. Man setze den Fall: es werde vermittelst eines Gliedmasses des Körpers z. B. des Arms eines Menschen ein Gewichte von bestimmter Grösse gehoben: man suche den Anhängungs-Punkt dieses Gewichts an den Knochen, und die Weite dieses Punkts von dem Ruhe-Punkte des

Kno-

Knochens, der sich in dem Gelenke befindet, welches dem bewegenden Muskel das nächste ist: man bestimme ferner den Ort, wo die den Knochen bewegende Flechse an denselben angewachsen ist, und die Weite dieses Orts von dem Ruhe-Punkte: man suche endlich die Grösse des Winkels, unter welchen die Flechse in den Knochen, und des Winkels, unter welchen die Fibern in die Flechse würken; so wird man aus dem allen, vermittelst einer richtigen Berechnung, die Grösse derjenigen Kraft finden können, mit welcher der Muskel seine Flechse, um die vorhabende Bewegung zu bewerkstelligen, anstrengen muß: und diese ganze Berechnung wird sich alsdenn keinesweges auf willkürlichen Hypothesen; sondern auf würklich vorhandenen Angaben gründen.

So lange Borell also in diesen Schranken bleibt, sind seine durch die Berechnung heraus gebrachten Sätze von der Grösse der Kraft, mit welcher die Muskeln würken, keinen Zweifel unterworfen: aber bey dieser Einschränkung kommt auch bey weiten eine so ungeheure Grösse der Kraft der Muskeln nicht heraus, wie er sie angiebt: und gleichwol ist auch diejenige, die sich aus diesen richtigen Berechnungen ergiebt, schon so groß, daß ein nachdenkender Verstand sehr viele Schwierigkeiten findet um es begreifen zu können, wie ein so kleiner fleischigter Theil, dergleichen ein jeder Muskel ist, eine so grosse Würkung hervorzubringen vermöge. Wer erstaunt nicht darüber, daß ein in der Beugung (Flexur) des Ellenbogens angehängtes Gewichte von 50 Pfunden eine Kraft von mehr als tausend Pfunden erfordere, die der Deltoides,

als

als einer von den Muskeln, die auf dem Schulter-Blatte des Menschen sitzen, zu dessen Hebung anwenden muß! Borell giebt hier 30000 Pfund an: allein, ehe er diese Grösse heraus bringet, hat er sich schon sehr weit in seine Hypothesen von der inneren Gestalt der Fibern und von den ursprünglichen würkenden Kräften des Muskels hinein gearbeitet: da diese Hypothesen aber durch Einwürfe der neuern Physiologen zweifelhaft oder wenigstens gegen sie noch nicht genugsam gerettet worden sind; so kan man ihm bis dahin nicht folgen: bleibt man also bey dem, was in die Augen fällt, und was ich vorhin, als unstreitige Angaben angeführet habe; so kommt in dem angenommenen Falle ein Vermögen des Deltoides heraus, das zwar bey weiten so groß nicht ist, aber doch groß genug um unbegreiflich zu seyn und den geheimen Zweifel zu erregen: ob die Sache sich auch würklich also verhalte?

Bey der Anwendung der Grund-Sätze der Geometrie auf dergleichen Sachen finden sich mehrentheils, und insonderheit alsdenn, wenn die daraus hergeleiteten Schlüsse etwas grosses und unerwartetes sagen, gewisse Einwendungen, durch deren Hebung man sich alsdenn erst noch den Beyfall erkaufen muß, wenn man den Beweiß schon nach aller Strenge geführet hat. Das ist nun oft und insonderheit alsdenn, wenn man es mit Gegnern zu thun hat, die der Grund-Sätze der Geometrie nicht kundig sind, eine sehr schwere Arbeit: überdem ist die Bewegung des Muskels eine Sache, davon deutliche und richtige Vorstellungen nicht so leicht gemacht sind, weil es ihres gleichen in der Natur und in den Werken der Kunst

wenige

wenige giebt: und wenn man sie sich denn auch vermittelst einer genauen Belehrung von der Sache zu machen weiß; so ist doch die ungewisse und unbekannte innere Gestalt der Fibern des Muskels eine ergiebige Quelle solcher Einwürfe, die schwerlich zu heben sind, und die man leicht so weit ausdähnet, daß auch dasjenige, was von der Sache mit aller Gewißheit dargethan werden kan, darunter leiden muß. Das alles bewog mich die mechanische Einrichtung der Muskeln so viel man bis jetzt davon weiß, durch eine Nachahmung zu erläutern, und die auf obigen Angaben gegründete Berechnung der Grösse ihrer Kraft dadurch zu rechtfertigen. Zu dem Ende ließ ich eine Maschine verfertigen, zu deren Muster ich den vorhin gedachten zweykopfigten Muskel Deltoides, so wie ihn Borell beschrieben hat, und wie er auch in Nieuwentyts **Erkenntniß der Allmacht, Weisheit und Güte des göttlichen Wesens aus der Betrachtung natürlicher irrdischer Dinge** vorgestellet ist, erwählete. Die Nachahmung selbst aber bestand in folgender Einrichtung.

Fig. 7. Tab. II. ist ABCD das auf vier Füssen ruhende Gestell, in welchem der nachgeahmte Muskel angebracht ist. CD ist ein Brett ohngefähr 2 Fuß lang, 6 Zoll breit und einen Zoll dicke: BC von eben der Länge, Breite und Dicke und auf CD senkrecht: BA auch so breit und dicke aber nur 16 Zoll lang, und an BC nach einen rechten Winkel befestiget: cccccc sind die beyden Köpfe des Muskels, deren äussere Einfassung aus Holz gemacht ist: die Länge der Krümme von d bis v beträgt 10 Zoll, die Breite

und

und Dicke derselben aber nur einen Zoll. Mitten in die Bretter B A und B C ist eine Rinne eingeschnitten von dem Winkel B an 12 Zoll lang nach G und K hin, und ohngefähr $\frac{1}{3}$tel Zoll weit und tief: in diesen beyden Rinnen liegen zwo meßingene Röhren b b von vier Linien im Durchmesser. Innerhalb der hölzernen Einfassungen c c c c ist eine gleiche Rinne von eben der Weite und Tiefe, in welcher gekrümmte meßingene Röhren liegen, die in d verschlossen sind, in v v aber mit den Röhren b b Gemeinschaft haben. Dieser gekrümmten Röhren sind also viere an der Zahl und jede derselben hat hineinwärts gegen den Kopf des Muskels acht Oefnungen, auf deren jeder eine kleine meßingene Röhre von einem halben Zoll Länge und drey Linien im Durchmesser, in der Weite eines Zolls von einander, angelöthet sind. Jedes Ende dieser 32 kleinen Röhren ist mit einem Wulst umgeben, und an ihnen ließ ich 32 Lamm-Blasen befestigen, deren jede mit der Röhre, an welcher sie befestiget waren, Gemeinschaft hatte: eine jede dieser Blasen endigte sich mit einem dünnen Faden, der in die Flechsen t t h hinein geflochten war, und, wenn sie angestrenget wurden, mit diesen Flechsen einen Winkel von 30 Graden machte: denn so groß giebt Borell den Winkel an, unter welchen die Fibern des Deltoides mit seiner Flechse zusammen laufen. Die Flechse t h bestehet in einem dünnen hanfenen Stricke von 3 Linien im Durchmesser und 15 Zoll Länge, so, daß t h 6 Zoll und das durch einen jeden Kopf des Muskels durchgehende Ende von t an 9 Zoll lang ist. Beyde Enden t t h laufen in h in eine gemeinschaftliche Flechse h m unter einem Winkel von 30 Graden zusammen, und

h m

h m ist eine hanfene Schnur von vier Linien im Durchmesser.

Auf der Mittel-Linie des Bretts C D ist in M 6 Zoll weit vom Ende D ein Stück Holz befestiget, welches 2 Zoll breit und dicke, 4 Zoll hoch und oberwärts wie eine Gabel einen Zoll weit und 2 Zoll tief eingeschnitten ist: in diesem Einschnitte ist der hölzerne Hebel Q m n befestiget, doch so daß er sich um den Punkt Q herum bewegen kan. Die Länge dieses Hebels beträgt 14 Zoll, die Breite und Dicke desselben einen Zoll. Er solte die Stelle des Schulter-Knochens vertreten. Der Punkt m, wo die gemeinschaftliche Flechse h m befestiget ist, hat einen Zoll Entfernung von Q, und in n hanget ein Gewicht P an einen eisernen Haken. Die Entfernung m vom Ruhe-Punkte verhält sich also zur Entfernung des Gewichts P von demselben, wie 1 zu 14: denn so verhält sich nach Borells Angabe die Entfernung des Punkts, in welchem die gemeinschaftliche Flechse des Deltoides in den Schulter-Knochen würket, vom Gelenke dieses Knochens, zu der Entfernung des Gewichts, welches in der Beugung des Ellenbogens angehänget wird, von demselben Gelenke, und der Ruhe-Punkt des Schulter-Knochens ist in eben diesem Gelenke.

Oben in dem Winkel B ist eine krumme Röhre v K a an die Röhren b b in ihrem gemeinschaftlichen Winkel, in welchem sie zusammen stossen, angelöthet. Diese Röhre ist von gleichgültiger Länge, und hat 4 Linien im Durchmesser: auch ist sie in der Mitte mit einem Hahn versehen, dessen Gebrauch ich hernach melden werden.

Bey

Bey dieser ganzen Einrichtung war die Absicht dahin gerichtet eine Bewegung hervor zu bringen, von der man behaupten könnte: sie sey derjenigen, die durch den Deltoides bewerkstelliget wird, vollkommen ähnlich, sie geschehe nach eben den Bewegungs-Gesetzen, auf eben die Art, und vermittelst derselben Verbindung der einzelen Theile des ganzen Mechanismus; so daß, nur die bewegenden Kräfte des Muskels ausgenommen, alle Umstände, die in die Art und Weise der Bewegung einen Einfluß haben, bey dieser Nachahmung eben dieselben sind, die bey dem Muster statt finden. Und diese Absicht hoffe ich durch die beschriebene Einrichtung erreicht zu haben. Zwar kommt die Anzahl der hier gebrauchten Blasen mit der Anzahl der Fibern des Muskels in keine Vergleichung: allein das hat auch in die Sache, von der hier die Rede ist, keinen Einfluß, denn ich war nicht Willens in Ansehung dieser Fibern so viel ihre Grösse, ihre Menge und Einrichtung betrift, hier etwas zu entscheiden; sondern nur zu zeigen, daß man auf diese Art die Berechnung der Kraft, womit die Flechsen des Deltoides angestrenget werden, unternehmen könne, und daß, wenn zu dieser Berechnung die Angaben so bestimmt werden, wie sie bey dem Deltoides würklich statt finden, die Grösse der gemeldeten Kraft, die alsdenn heraus kommt, keinem Zweifel unterworfen sey.

Man könnte auch wol gegen den Gebrauch der Blasen, deren ich mich hier bedienet, verschiedenes einwenden, weil es noch nicht ausgemacht ist, ob die Fibern eines Muskels inwendig hol sind, und ob sie daher so, wie dergleichen Blasen wenn sie durch eine hinein-

hineintretende flüßige Materie aufgetrieben werden, würken. Es lassen sich auch in der That mehrere mögliche Arten der Würksamkeit dieser Fibern, die von der hier angenommenen sehr verschieden sind, gedenken. Vielleicht drehen sie sich schraubenförmig und werden dadurch verkürzt: vielleicht verhalten sie sich, wie die Körner der Hülsen-Früchte, die, wenn Wasser zwischen sie gegossen ist, ein fest verschlossenes Gefäß, welches sie anfüllen, sprengen: oder wie die Fibern der hölzernen Keile, die, wenn sie zwischen die Ritzen der Steine hineingetrieben, und mit Wasser befeuchtet werden, grossen Felsen-Stücken, und Steine von ungeheuren Lasten von einander reissen, u. s. w. Ich räume alle diese Möglichkeiten ein, und eben darum werde ich mich sorgfältig hüten auf die hier gebrauchten Blasen und auf die Art und Weise, wie sie würken, etwas zu bauen: ich werde mich damit gar nicht einlassen, und also bey dieser Nachahmung so wenig eine gewisse Gestalt, als bestimmte Würksamkeit der Fibern annehmen oder voraussetzen. Daher soll das alles in die hier vorzunehmende Berechnung keinen Einfluß haben, und die Blasen sollen hier nur bloß die Stelle der Fibern vertreten, in sofern sie die ersten Werkzeuge sind, durch welche die Bewegung der Muskeln ursprünglich hervorgebracht wird, ohne darauf zu sehen, wie die Blasen, und wie die Fibern diese Bewegung hervorbringen.

Wenn ich also mit Beyseitsetzung alles dessen annehme: die hier angeführten Umstände z. B. die angegebene Länge des Schulter-Knochens, die Grösse des daran gehängten Gewichts, die Entfernung der Punkte

der Kraft und der Last vom Ruhe-Punkte, und endlich die gemeldeten Winkel, daß dieses alles, sage ich, an dieser Maschine so eingerichtet sey, wie es an dem Deltoides würklich befunden wird, und ich schliesse daraus: folglich müsse der Deltoides in diesem Falle eine Kraft von der und der Grösse anwenden; so ist dieser Schluß aus richtigen Vorder Sätzen hergeleitet, und die Form in welcher ich geschlossen habe, wird durch die Nachahmung erläutert und durch die Rechnung bestätiget; folglich ist der Schluß richtig. In Ansehung der Länge der Flechsen, so wie sie in der Nachahmung angenommen werden, und wie sie sich an den Deltoides würklich befinden, mögte vielleicht eine merkliche auch wol eine grosse Verschiedenheit statt finden: allein diese ist hier gleichgültig, denn die Länge einer Flechse hat in die Grösse der Bewegung keinen Einfluß: und was die Länge der Fibern betrift; so hat dieselbe, wenn von der Grösse ihres Vermögens die Rede ist, allerdings etwas zu bedeuten, und wird alsdenn, wenn man zu dessen Bestimmung von der Sache genugsam unterrichtet seyn wird, in Betrachtung genommen werden müssen: weil wir uns aber auf diese Untersuchung hier nicht einlassen; so ist uns die Länge der Fibern des Muskels gleichgültig. Auch könnte bey der anatomischen Untersuchung vielleicht eine Verschiedenheit in Ansehung der angegebenen Winkel zu bemerken seyn: allein was diesen Umstand betrift; so berufe ich mich desfalls auf Borells Angaben: solten diese von der würklichen Beschaffenheit der Sache abgehen; so mag ein anderer die Grösse dieser Winkel genauer bestimmen, welches auch, weil von ihnen ein grosser Theil der Kraft des Muskels abhanget, nöthig

ist,

ist, und alsdenn wird man die Rechnung leicht darnach verbessern können, ohne daß dadurch die Richtigkeit des hier erläuterten und gerechtfertigten Verfahrens in solcher Berechnung zweifelhaft würde. Auf diese Art werde ich denn meinen Zweck erreichen, wenn ich mich gleich in keine Untersuchung der Anzahl und der innern Einrichtung der Fibern des Muskels einlasse, und alle daher genommenen Einwürfe werden mich nicht treffen: ich will also die mit dieser Maschine gemachten Versuche beschreiben.

Ehe ich sie bewerkstelligen konnte war es nöthig den Hebel Qmn mit seinem Gewichte vorher in eine waagerechte Lage zu bringen, und das konnte theils durch eine gehörige Bestimmung der Länge der Flechse hm, theils auch vermittelst einiger Luft, die man durch die Röhre akv in die Blasen hinein bläset, geschehen. Darauf hieng ich ein Gewicht von 6 Pfunden an den Hacken des Hebels in n: denn ein grösseres ließ sich bey der etwas zärtlichen Einrichtung dieser Maschine, und der Verbindung ihrer Theile nicht anbringen, und es war auch zu meinen Vorhaben nicht nöthig: doch ist nicht zu zweifeln, daß bey einer geringen Veränderung dadurch die Theile derselben stärker gemacht werden, ein noch grösseres Gewichte angehänget, und also auch von denen hier angebrachten 32 Blasen eine noch grössere Wurkung erwartet werden könne, welches aber doch in der Haupt-Sache und insonderheit in Ansehung des Beweises von der Grösse der Kraft, mit welcher der Muskel würkt, nichts verändern; sondern nur die ungemein grosse Bequemlichkeit und Tüchtigkeit der auf solche Art angewendeten Blasen, und viel-

leicht auch der Fibern zur Hervorbringung solcher Bewegungen noch mehr darthun und erläutern würde.

Diese vorläufigen in Ansehung der Richtung des Hebels und der Länge der Flechsen und Fibern zu machenden Zubereitungen, sind nun zwar in der Natur nicht nöthig: denn der Deltoides verrichtet das seine, welche Lage auch der Schulter-Knochen haben mag. Weil es aber bey einer waagerechten Lage desselben am leichtesten ist die Grösse der Kraft des Muskels zu bestimmen; so habe ich dieselbe bey diesen Versuchen allemal voraus gesetzt: und wenn die Blasen zu dem Ende mit einiger Luft angefüllet, und also in der That schon vorher in Würksamkeit gesetzt werden müssen; so stimmt das mit der Natur sehr wol überein: denn die waagerechte Lage des Schulter-Knochens erfordert es auch, daß der Deltoides schon vorher zu würken angefangen habe. Weil er ihn aber auch in einer jeden andern Lage mit seinem Gewichte heben kan; und der Winkel, den die Flechse mit den Schulter-Knochen bey einer jeden andern Lage macht, die niedriger als die waagerechte ist, kleiner ausfällt; so siehet man eben daraus, daß die Kraft des Deltoides in solchen Fällen noch grösser sey. Denn je kleiner der Winkel ist, unter welchen eine Kraft in einen Körper würkt, desto geringer ist ihre Würkung, und desto grösser muß sie also seyn, wenn sie dennoch das aufgegebene ausrichtet.

Ueberhaupt ist die geringe Grösse der Winkel, welche die Flechsen der Muskeln mit den Knochen, die durch sie beweget werden, machen, ein sonderliches Merkmal der Grösse ihrer Kräfte, weil diese allemal zunehmen müssen, jemehr jene abnehmen. Man vermeidet

meidet sie daher in allen Werken der Kunst sorgfältig, weil es sehr schwer ist, den dazu erforderlichen Vorrath von Kräften ohne Weitläuftigkeit herbey zu schaffen. Der allmächtige und unendlich weise Schöpfer der Natur hingegen hat denen unbegreiflich künstlichen Werkzeugen der Muskeln einen solchen Vorrath dieser Kräfte mitgetheilet, daß die kleinste Grösse der Winkel, unter welchen sie würken, der gewöhnlichste Fall ist, in welchem sie ihre Dienste verrichten müssen. Der Vortheil davon kommt allen lebendigen Geschöpfen durch die Behendigkeit und Bequemlichkeit der Bewegungen ihrer Gliedmassen zu statten. Denn die grossen Kräfte, die unter so kleinen Winkeln würken, verursachen schnelle und zu Erreichung ihrer Absichten mit grössester Bequemlichkeit begleitete Bewegungen.

So oft ich die mit dieser Maschine gemachten Versuche angesehen, habe ich das leichte, das bequeme, das vortheilhafte der an ihr nachgeahmten mechanischen Einrichtung der Muskeln bewundern müssen. Kaum kan eine Kraft kleiner seyn, als diejenige ist, durch welche diese Maschine in Würksamkeit gesetzt wird: und man solte kaum vermuthen, daß durch irgend eine Anwendung mechanischer Potenzen ein so grosses Vermögen hervorgebracht werden könne, als dasjenige ist, welches sie, wenn sie durch eine so kleine Kraft würksam gemacht werden, zeiget. Es wurde hier weiter nichts erfordert, als das Hineinblasen einiger Luft durch die Röhre a k v in die Blasen g g g g: wenn man die Lunge erschöpft hatte, wurde der Hahn K verschlossen, man schöpfte frischen Othem, und wiederholte dieses Hineinblasen 3 bis 4 mal: die Blasen nahmen die

Luft ohne einen merklichen Widerstand an, schwollen auf, wurden kürzer, zogen mit vereinigter Kraft die Flechse an sich, und so wurde das Gewichte zu einer Höhe von 6 bis 8 Zoll gehoben.

Wir erreichen mit unsern Nachahmungen die Werke der Weisheit und Allmacht Gottes in der Natur bey weiten nicht. Die Muskeln thun das alles, was hier nach vorher gegangener mühsamer Veranstaltung sehr langsam geschiehet, viel schneller, viel lebhafter, viel vollkommener. Und eben dieses zu bemerken, und sich von diesen grossen Vorzügen der Werke des Allmächtigen umständlich zu belehren, eben dazu, sage ich, geben dergleichen Versuche eine Anleitung, vermittelst deren man zu ausführlichen und gründlichen Einsichten in diese Sachen kommen kan. Wir stellen es uns nicht leicht so deutlich und lebhaft vor, daß so etwas Grosses und Bewundernswürdiges und eine so hohe Weisheit in diesen Werken des Schöpfers zu bemerken sey, wenn wir nicht durch dergleichen nachahmende Untersuchungen darauf geführet werden. Wäre es nun dem Geschöpfe eine Schande seine tiefe Niedrigkeit, in der es sich bey aller vermeinten Kunst und Weisheit unter den grossen Schöpfer befindet, so augenscheinlich zu offenbaren und so umständlich zu bekennen; so hätte ich mich der Beschreibung dieser Maschine und der damit gemachten Versuche enthalten müssen. Denn sie waren in Vergleichung mit der Vollkommenheit des Musters, das sie nachahmen solten, so etwas unvollkommenes, so etwas ohnmächtiges und elendes, daß es schon eine ausschweifende Dreistigkeit zu seyn scheinet, wenn man ihnen

ihnen den Namen einer Nachahmung beyleget. Allein zuförderst gestehe ich das willig, und sodann war meine Absicht bey dem allen, wie gesagt, auch nur diese, daß ich dadurch Borells Verfahren in Berechnung der Kräfte der Muskeln, in sofern er in diesen Schranken bleibt, erläutern und rechtfertigen wolte, und dazu werde ich mir nun noch einige Geduld des Lesers ausbitten müssen.

Um zum wenigsten einen Theil desjenigen Vermögens, welches die bewegende Kraft des Deltoides bey dieser mechanischen Einrichtung äussert, mit Gewißheit zu bestimmen, ist nun zu untersuchen: wie groß die Kraft sey, welche diese 32 Bläsen anwenden müssen, um ein Gewichte von 6 Pfunden auf die gemeldete Art heben zu können? Zu dem Ende ist es nöthig die einzelen Theile dieser Maschine in ihrer Verbindung mit einander zu betrachten.

Es ist bekannt, daß wenn das in n angehängte Gewichte von 6 Pfunden durch eine Kraft, die in m würket, gehoben werden soll, diese Kraft sich zu jenen Gewichte verhalten müsse, wie Qn zu Qm, d. i. wie 14 zu 1., folglich ist die in m würkende Kraft, wenn sie das Gewichte von 6 Pfunden hebet, und wenn man auf die Richtung, nach welcher sie würket, nicht siehet, wenigstens 84 Pfund groß: ich sage wenigstens, denn sie muß auch die Schwere des Hebels überwältigen, und daher noch zu diesen 84 Pfunden einen Zusatz erhalten, der beynahe sieben mal so groß ist, als die Schwere des Hebels Qn: wir wollen es aber jetzt, weil die Schwere eines solchen Hebels sich mit der Schwere des Schulter-Knochens eines leben-

digen Körpers in kein gewisses Verhältniß bringen läßt, bey 84 Pfunden bewenden lassen.

Also würde die Flechse h m in dem Punkte m eine Kraft von 84 Pfunden anwenden müssen, wenn sie senkrecht würkte: da sie aber unter einen spitzen Winkel von 30 Graden würkt; so muß die Kraft, mit der sie würkt, noch grösser seyn: daher ist nun die Frage: wie groß die Kraft sey, von der die Flechse h m angestrenget werden muß, wenn sie mit einer Kraft von 84 Pfund in m würken soll? Weil der Winkel, den die Flechse h m mit einer auf m senkrecht stehenden Linie macht, 60 Grade beträgt; so verhält sich, vermöge bekannter Grund-Sätze, die Kraft die in m senkrecht würkt, zu derjenigen, deren Richtung von der senkrechten um einen Winkel von 60 Graden abweicht, wenn in beyden Fällen einerley Würkung erfolget, wie der Cosinus des Winkels von 60 Graden, oder, wie der Sinus von 30 Graden zu den Sinus totus, d. h. wie 50000 zu 100000 oder wie 84 zu 168. Folglich muß die Flechse h m mit einer Kraft von 168 Pfunden angestrenget werden. Diese Kraft ist als eine Würkung der durch die beyden Köpfe des nachgeahmten Muskels gehenden Flechsen h t h t anzusehen, und jede derselben würkt also mit der Hälfte von 168 Pfunden, oder mit 84 Pfunden in h in die gemeinschaftliche Flechse h m. Nun machen sie beyde einen Winkel von 30 Graden mit einander, und jede derselben weicht also von der graden Richtung h m um einen Winkel von 15 Graden ab. Soll also eine jede dieser Flechsen in h mit einer Kraft von 84 Pfunden würken; so muß sie mit einer Kraft angestrenget werden,

die

die sich zu 84 Pfund verhält, wie der Sinus totus zu den Cosinus eines Winkels von 15 Graden, d. i. wie 10 zu 9: also muß die Flechse eines jeden Kopfs des nachgeahmten Muskels mit einer Kraft von mehr als 93 Pfunden angestrenget werden, und das geschiehet durch die Verkürzung der Blasen, die in sie würken. Weil die Würkung dieser verkürzten Blasen aber auch unter einen Winkel von 30 Graden geschiehet; so verhält sich die Kraft, mit welcher die Blasen auf beyden Seiten in die Flechse würken müssen, zu diesen 93 Pfunden, wie der Sinus totus zu den Cosinus des Winkels von 30 Graden d. i. wie 100000 zu 86602: folglich würken die Blasen eines jeden Kopfes in die Flechse desselben mit einer Kraft von mehr als 107 Pfunden: mithin die Blasen beyder Köpfe zusammen mit einer Kraft von mehr als 214 Pfunden d. i. beynahe mit einer Kraft von zween Centnern um ein Gewichte von 6 Pfunden auf die beschriebene Art zu heben.

Das ist nun an sich schon hinreichend um einem jeden nachdenkenden Leser von einem Theile der wahren Grösse der Kraft, mit welcher der Deltoides würkt, einen richtigen Begrif zu machen. Ein Gewichte von 6 Pfunden ist in Ansehung dessen, was ein erwachsener Mensch in der Beugung des Ellenbogens heben kan, eine Kleinigkeit: nimmt man mit Borell an, daß er ein Gewichte von 50 Pfunden heben könne; so würde der Deltoides bey der hier vorgestellten Lage und Verbindung seiner Theile eine Kraft von 1783 Pfunden, oder von mehr als 16 Centnern anwenden müssen.

Der Raum, durch welchen die Würkung der bewegenden Kraft sich erstreckt, verhält sich zu denjenigen, den die bewegende Kraft in derselben Zeit zurück leget, wie die Grösse der bewegenden Kraft zu der Grösse des Widerstandes oder der Last, die von ihr in Bewegung gesetzt wird. Wenn man also annimmt: es werde ein Gewichte von 50 Pfunden in der Beugung des Ellenbogens gehoben; so wird sich die Verkürzung der Fibern des Deltoides zu der Grösse des Raums, durch welchen dieses Gewicht gehoben wird, verhalten, wie 50 zu 1783. d. i. wie 1 zu $\frac{71}{2}$. Man setze also, das gemeldete Gewicht werde 10 Zoll hoch gehoben; so werden die Fibern des Muskels sich um $3\frac{1}{2}$ Linie verkürzen müssen. Wäre nun die Länge und die innere Gestalt derselben ausgemacht; so würde man hieraus leicht bestimmen können: wie groß der äussere Umfang, durch welchen die Dicke des aufschwellenden Muskels zunimmt, und die Masse der in denselben hinein tretenden flüßigen Materie sey? und dadurch würde das, was ich oben von dem hierzu erforderlichen sehr geringen Vorrathe dieser Materie gesagt, bestätiget werden: allein wir müssen dergleichen Bestimmungen so lange anstehen lassen, bis uns die Physiologie den innern Bau der Muskeln näher bekannt gemacht haben wird.

Ob ich gleich hier gewiß nichts willkührliches oder zweifelhaftes angenommen oder voraus gesetzt habe; so sind wir doch nun schon in das Unbegreifliche hinein gerathen: denn die Möglichkeit des Entstehens einer so grossen Gewalt aus der Würkung so zarter Werkzeuge, dergleichen die Fibern eines Muskels sind, entziehet sich unsern Einsichten, und es beginnet uns nun

bey

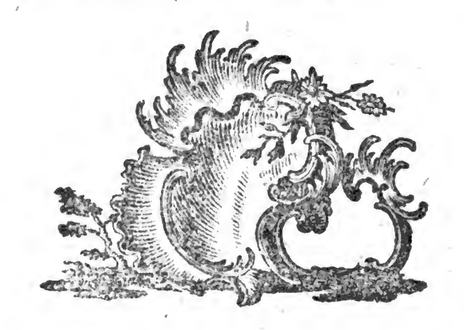
bey der weitern Erforschung dieser Spuren der Weisheit des Allmächtigen so dunkel zu werden, daß wir uns nicht weiter zurecht zu finden wissen. Denn auch diese Grösse von 16 Centnern wird noch einen ansehnlichen Zuwachs bekommen, wenn wir von der innern Gestalt der Fibern und von der Art und Weise, wie sie würken, genugsam unterrichtet seyn werden, um die Grösse der Kraft bestimmen zu können, mit welcher sie, um dieses Vermögen von 16 Centnern herbey zu schaffen, würken müssen.

Zu dem Ende solte ich nun noch nach bekannten Grund-Sätzen, die man vom Borell de motū animalium, vom Bernoulli de motū musculorum, vom Nieuwentyt und vom Boerhaave in den institutionibus medicis de musculorum actione vorgetragen findet, die Kraft berechnen, welche die Blasen würklich anwenden müssen, um die Flechsen mit einer Kraft von 214 Pfunden anzustrengen: weil es aber noch zweifelhaft ist, ob die Fibern der Muskeln inwendig hol sind, und ob sie durch eine in sie hinein tretende flüßige Materie aufgetrieben und verkürzet werden? so würde ich durch weitere Fortsetzung dieser Berechnung die Grenzen der bisher bekannten Analogie dieses Mechanismus mit der mechanischen Einrichtung der Muskeln überschreiten, und also nach Borells Beyspiele ungewisse Sachen vortragen. Daher bleibe ich hier stehen, weil ich nun an die Grenzen der Gewißheit in diesen Sachen gekommen bin.

Bis hieher kan man also die Kraft der Muskeln berechnen und ihre Grösse mit aller Gewißheit bestimmen: und wir wissen demnach von der mechanischen Ein-

Einrichtung des Muskels alles bis auf die Grösse der Kraft mit welcher ihre Fibern die durch den Kopf eines jeden Muskels gehenden Flechsen anstrengen, und auch diese läßt sich noch bestimmen: nur die würkliche Kraft, die die Fibern selbst anwenden, ist bis jetzt noch unerfindlich, und unter solchen Dunkelheiten verborgen, deren Zerstreuung und Aufklärung ich mir nicht zutraue.

Genug, man siehet aus diesem Versuche: daß die mechanische Einrichtung der Muskeln in thierischen Körpern von einer bewundernswürdigen Weisheit des Schöpfers zeuge, und daß die Kraft, die sie in ihren Verrichtungen anwenden, erstaunlich sey.



Der

Der zehnte Versuch.

Von der durch die Schwere verursachten Bewegung eines Körpers durch eine flüßige Materie, und von der Würkung dieser Bewegung in die Schwere der flüßigen Materie.

Einige merkwürdige Wetter-Beobachtungen haben mich auf diese Untersuchung geführet, und mir Anlaß gegeben gewisse Versuche zu machen, durch deren Veranstaltung ich zwar meinen Zweck nicht erreicht: es ist aber zu vermuthen, daß ihn andere, die sich damit abgeben wollen und können, besser erreichen werden: und da die Sache, von der ich hier zu reden habe, überdem von Erheblichkeit und durch physische Untersuchungen noch nicht ausgemacht ist; so hoffe ich, es werde dem Leser nicht mißfallen, wenn ich sie in der Reihe dieser Versuche mit anführe.

Es ist eine bekannte Beobachtung, daß die Luft, wenn ein Regen bevorstehet, leichter wird, als sie vorher war: man schliesset das wenigstens mit Recht aus dem fallen des Quecksilbers in der torricellischen Röhre. Nun finden sich zwar viele Ausnahmen von dieser Regul, und man wird bey sorgfältigen Wetter-Beobachtungen oft gewahr, daß das Quecksilber in der gedachten Röhre um einige Linien steige, folglich die Luft schwerer werde, und dennoch ein Regen darauf erfolge: man kan diese Ausnahmen aber als solche Abweichungen von der allgemeinen Regul ansehen, die durch gewisse zufällige in dem Luft-Creise sich eräugende Umstände verursachet werden, und die also, wenn die

Sache

Sache in ihrem natürlichen Laufe von statten gehet, wegfallen.

Das Steigen und Fallen des Quecksilbers in der torricellischen Röhre, kan entweder von einer in der Masse der über uns stehenden Luft vorgehenden Veränderung ihrer Schwere, oder von der durch den Wind herbeygeführten schwereren oder leichteren Luft herrühren. Beyde Fälle lassen sich also nicht nur den Begriffen sondern auch der Empfindung nach von einander unterscheiden: denn das Daseyn oder die Abwesenheit des Windes wird es allemal entscheiden, welcher von diesen zwo Ursachen die in der Höhe des Quecksilbers bemerkte Veränderung beyzumessen sey. Daher kan man, wenn man genau von der Sache reden will, nicht allemal sagen: daß bey dergleichen Veränderungen der Höhe des Quecksilbers im Barometer eine Veränderung der Schwere der äussern Luft vorgegangen sey. Denn wenn das Quecksilber bey einem Winde steiget oder fällt; so ist die vorige Luft durch deren Druck dasselbe in einer gewissen Höhe erhalten wurde, weg, und wir können nicht wissen, ob sie schwerer oder leichter geworden sey? sondern der gegenwärtige Stand des Quecksilbers belehret uns nur von der Schwere der aus andern Gegenden herbey geweheten Luft. Eräuget sich hingegen, wie es auch oft geschiehet, eine Veränderung der Höhe des Quecksilbers, ohne daß ein Wind dabey verspüret würde; so ist sie ein sicherer Beweiß, daß die Schwere der über uns stehenden Luft eine Veränderung erlitten habe, gleichwie dergleichen Veränderungen auch der Würkung der von der Erde aufsteigenden Dünste und den bestän-

beständigen Einflüssen der in sie würkenden Kräfte der Sonne und des Mondes gemäß ist. Daher kan man dergleichen abwechselnde Ab- und Zunahme der Schwere der Luft als den natürlichen Lauf derjenigen Veränderungen ansehen, denen die Luft sowol vermöge der Absichten ihres Daseyns, als der Würkung der gemeldeten Ursachen, nothwendig unterworfen seyn muß: und eben dieser natürlicher Lauf ist es, dessen Wahrnehmung durch die Winde unterbrochen und verhindert wird. In diesem Verstande habe ich das von dem Winde herrührende steigen und fallen des Quecksilbers im Barometer eine Ausnahme von der Regul genannt. Denn der Schluß von dem veränderten Stande des Quecksilbers im Barometer, auf die Veränderung der Schwere der Luft kan alsdenn nicht gelten; sondern er muß allemal von einer ganz andern Luft, die der Wind beständig herbey führet, verstanden werden.

Was für Witterungen nun dergleichen in einem anhaltenden Winde herbey dringenden Luft mit sich bringen werde, läßt sich aus den Bewegungen des Quecksilbers so wenig schliessen, als, wenn sie würklich erfolgen, erklären: denn diese über unsern Gesichts-Creis hinwegfahrende Luft kan ihre Einflüsse in die Höhe des Quecksilbers nicht eher äussern, bis sie würklich über uns stehet: und weil dieser Stand von kurzer Dauer ist; so können in kurzer Zeit Veränderungen in derselben erfolgen, die auf das Barometer keinen Eindruck machen: sie kan leichter geworden seyn, da sie noch entfernet war: sie kan schwerer werden, da sie schon über unsern Gesichts-Creis hinweg ist, und die Höhe

Höhe des Quecksilbers wird das eine so wenig, als das andere anzeigen. In allen diesen Fällen wird der Wind Witterungen herbey führen, die mit der Bewegung des Quecksilbers im Barometer in einer ganz ungewissen Verbindung stehen, und das werden lauter Ausnahmen von der allgemeinen Regul seyn, die sich auch vermittelst eines Barometers von verlängerter Scala an dem in dergleichen Fällen beständig fortwährenden und auf eine ungewisse Art abwechselnden steigen und fallen des Quecksilbers wahrnehmen lassen.

Hingegen lehret es die Erfahrung, daß, auch bey der ordentlichen Folge der Veränderungen der über uns stehenden Luft auf einander, gewisse Witterungen erfolgen, die dem Winde nicht beygemessen werden können: daher giebt es auch gewisse Arten des Regens, die eben darum, weil sie durch den Wind nicht herbey geführet werden, von solchen Veränderungen der Schwere der Luft entstehen, die mit der Bewegung des Quecksilbers im Barometer einen gewisseren Zusammenhang haben, und in Ansehung deren man aus den Bewegungen des Quecksilbers im Barometer eines und das andere mit mehrerer Gewißheit schliessen kan. Das ist nun der Fall, auf welchem ich diese Betrachtung einschränke, und der den eigentlichen Gegenstand derselben ausmachen wird.

Man unterscheidet die Regen in Land-Regen und Strich-Regen. Die ersteren entstehen daher, wenn die wässerigten Dünste des Luft-Creises bey einer sich weit und breit erstreckenden und mehrere Tage anhaltenden Verdünnung der Luft gerinnen, und endlich herab fallen: sie breiten sich über ganze Länder zugleich aus:

aus: man siehet keine Wolken am Himmel ziehen; sondern der ganze Himmel ist trübe, und wie mit einer Wolke bedeckt, die an einigen Orten mehr an andern weniger finster ist: sie halten einen oder auch mehrere Tage an, und nachdem die Luft sich einer Menge der durch sie herabgegossenen Gewässer entlediget und dadurch so leicht geworden, daß der Druck der in benachbarten Gegenden vorhandenen Luft über ihren Widerstand das Uebergewicht gewinnet; so entstehet ein Wind, der die Wolken zertheilet, dem Regen wehret, und durch Auflösung der geronnenen Dünste die Heiterkeit des Himmels wieder herstellet. Strich-Regen hingegen sind diejenigen, die ohne solche vorher gegangene Verdünnung der Luft erfolgen, und aus einigen einzelen Wolken, die der Wind aus andern Himmels-Gegenden, wo es vielleicht Land-Regen gegeben hat, herbey wehet, und über unsern Gesichts-Creise hinweg jaget, herab fallen. Weil zu dieser letztern Art des Regens keine vorhergehende Verdünnung der Luft erfordert wird, und der Wind selbst bisweilen die Schwere der Luft vermehret; so können dergleichen Regen erfolgen, ohngeachtet das Quecksilber im Barometer unmittelbar vorher gestiegen, oder doch wenigstens nicht gefallen ist, und daß dieses würklich geschehe, könnte ich leicht durch eine Menge von Wetter-Beobachtungen beweisen: allein die Sache ist bekannt, und man hat überdem zu allen Zeiten Gelegenheit sich durch dergleichen Beobachtungen davon zu versichern.

Hier ist die Rede von Land-Regen, von denen man nicht sagen kan, daß der Wind sie herbey wehe; sondern sie sind der Erfolg einer gewissen Arbeit der

 Natur,

Natur, die sich im Luft-Creise oft einige Tage vorher anhebet, und unter allerley merkwürdigen Umständen so lange fortwähret, bis es zu diesen Ergiessungen kommt: genug sie entstehen aus einer vorher gegangenen Verdünnung der Luft und die Bewegungen des Quecksilbers im Barometer versichern uns von einer damit verbundenen Verminderung ihrer Schwere: denn das Quecksilber fällt einen oder zween Tage vorher, und fähret damit fort, so, daß man daraus abnehmen kan, die Luft sey vorher gar sehr viel leichter geworden, ehe der Himmel sich auf diese Art zu ergiessen anfängt, und je länger diese Abnahme der Schwere der Luft anhält, desto anhaltender ist das darauf erfolgende Regen-Wetter, wenn die Winde nicht dazwischen kommen, und dasselbe verhindern. Das geschiehet aber mehrentheils: denn auf eine vorhergegangene Abnahme der Schwere der Luft erfolget immer viel eher ein Wind, als ein herabfallen ihrer geronnenen Dünste: und wenn die Luft nicht vorher schon sehr dichte und schwer-gewesen, so daß sie bey allen diesen Veränderungen dennoch immer das Gleichgewicht gegen den Druck der von benachbarten Gegenden her in sie würkenden behält; so kommt es vielleicht niemals zu einen Land-Regen. Daher sind sie in der That ziemlich selten, und man findet in einem Jahre wenig Gelegenheit aus sorgfältigen Beobachtungen und deren Vergleichung mit einander schliessen zu können, daß der fallende anhaltende Regen ein Land-Regen in dem Verstande sey, in welchem ich diesen Ausdruck hier genommen habe.

Weil dieses indessen diejenige Natur-Begebenheit ist, die zu dieser Untersuchung Anlaß gegeben, und aus deren

deren Bemerkung eine wichtige Frage entstanden, mit deren Beantwortung man noch nicht fertig ist; so will ich zur Erläuterung der Sache nur einige wenige Wetter-Beobachtungen von der Art, die ich über den Magdeburgischen Gesichts-Creise angestellet, anführen, damit man den Zusammenhang dieser Witterungen mit den Bewegungen des Quecksilbers im Barometer daraus abnehmen könne.

Im Jahr 1758 den 13ten Jun. stand das Quecksilber im Barometer 319 Linien hoch, und fiel denselben Tag und die beyden folgenden hindurch bis auf 316 Linien, und also um einen viertel Zoll herunter. Den 15ten Jun. erfolgete ein Regen, der bis zum 18ten desselben Monats anhielt.

In demselben Jahre den 8ten Dec. Abends um 9 Uhr war die Höhe des Quecksilbers im Barometer 324 Linien: den 9ten Dec. Morgens um 7 Uhr 323 Linien, Mittags um 1 Uhr 322 Linien, Abends um 9 Uhr 321 Linien: den 10ten Dec. um Mittage 319 Linien. Darauf fieng es an zu regnen, und hielt damit vom 10ten bis in die Nacht des 12ten Dec. an. In dieser Zeit fiel das Quecksilber bis 313 Linien herab, und also betrug die ganze Abnahme der Barometer-Höhe einen Zoll.

Im Jahr 1759 den 31ten Januar Morgens um 7 Uhr war die Höhe des Quecksilbers 324 Linien, Abends um 9 Uhr 321 Linien: den 1sten Februar Mittags um 1 Uhr 320 Linien, und darauf fiel es bis 319 Linien herab, und es regnete den 3ten, 4ten und 5ten Februar hindurch.

Diese Art der Witterung, da das Quecksilber einige Tage vorher zu fallen anfänget, und in solcher Bewegung einen Vorbothen des bevorstehenden anhaltenden Regens abgiebt, der durch keinen Wind herbey gewehet wird, ist nun zwar, wie gesagt, selten: da sie doch aber zu Zeiten einfällt; so hat das Gelegenheit zu folgender Frage gegeben: Woher eine solche vor dergleichen Regen vorhergehende Verminderung der Schwere der Luft entstehe, oder wodurch sie verursacht werde?

Da die Sache, von der hier geredet wird, sonderbar und wichtig ist; so will ich, damit man die Beantwortungen dieser Frage desto richtiger beurtheilen könne, zur Erläuterung derselben vorher noch etwas hinzufügen. Dergleichen fortwährendes Fallen des Quecksilbers wird sehr oft wahrgenommen: erfolgete nun, wie es doch gewöhnlich ist, kein Wind darauf; so würde allemal ein Land-Regen daher entstehen, und das geschiehet auch bisweilen. Gesetzt aber der Wind verhindere den Regen; so wird doch auch alsdenn die Gelegenheit zu obiger Frage statt finden, und diese bestehet also darin: Da dergleichen Verminderungen der Schwere der Luft dem Winde nicht zugeschrieben werden können, auch eine merkliche Zeit vor den einfallenden Regen, oder an dessen statt erfolgenden Winde, an den Fallen des Quecksilbers im Barometer wahrgenommen werden; welches denn nun die eigentliche Ursach davon sey?

Es ist zu besorgen daß die gewöhnlichen Erklärungen der Witterung und ihrer Veränderungen keine genugsame Beantwortung dieser Frage abgeben mögten: am allerwenigsten wird der bekannte allgemeine

Satz:

Satz: daß durch dergleichen Regen eine sehr grosse Menge von wässerigten Dünsten, deren Schwere vorher mit der Schwere der Luft gemeinschaftlich würkte, herabfallen, und die Luft also, nachdem sie eines solchen Vorraths entlediget worden, nothwendig leichter werden müsse, hier einige Dienste thun: denn das würde so wenig eine Antwort auf obige Frage, als denen Wahrnehmungen durch welche sie veranlasset worden, gemäß geurtheilet heissen. Vermöge dieser allgemeinen Erklärung müßte die Verminderung der Schwere der Luft erst nach den Regen, oder wenigstens, wenn derselbe schon angefangen, erfolgen: und das ist wider die angeführten Beobachtungen, nach deren Anzeige das Quecksilber schon einige Zeit vorher zu fallen beginnet, ehe es würklich zum Regen kommt, und also ehe die Luft einiger wässerigten Dünste entlediget wird. Man verwechselt auf solche Art die würkende Ursach und ihre Würkungen mit einander, weil man entweder die Zeit-Folge unrichtig angiebt, oder auch gar nicht darauf achtet. Und es ist überhaupt noch gar nicht ausgemacht: ob die Verminderung der Schwere der Luft allemal nur als eine Folge von einem vorhergegangenen Regen angesehen werden müsse, wie in dieser allgemeinen Erklärung vorgegeben wird: oder ob nicht der Regen selbst eine Folge von einer vorhergegangenen Verminderung der Schwere der Luft sey?

Es ist gewiß daß die Luft durch den Regen einer grossen Last entlediget wird, und also leichter werden müsse. Sie kan aber auch aus andern Ursachen leichter werden, und zwar aus solchen, die schon vorher, ehe der Regen erfolget, in ihrer Würksamkeit begriffen

sind: und wenn dieses ist; so ist sehr zu vermuthen, daß der Regen in den angeführten Fällen als eine Folge von der vorhergegangenen Verminderung der Schwere der Luft angesehen werden müsse. Die Bemerkung der Zeit-Folge dieser beyden Luft-Begebenheiten auf einander scheinet dieses wenigstens anzuzeigen, und da sie in den angeführten Wetter-Beobachtungen so befunden wird; so ist es nöthig, diese anderweitigen Ursachen der Verminderung der Schwere der Luft aufzusuchen.

Es giebt gewisse Natur-Begebenheiten, deren würkende Ursachen dadurch entdecket werden können, wenn man die Zeit-Folge der Umstände auf einander richtig bemerket, und wenn die Erklärungen derselben gleich nicht bloß aus dieser Zeit-Folge hergenommen werden dürfen; so müssen sie doch auch derselben nicht widersprechen. Denn schon ein solcher Widerspruch ist hinreichend die Richtigkeit einer angegebenen Erklärung verdächtig zu machen.

Einige haben die Verminderung der Schwere der Luft den Winden zugeschrieben, und zwar unter dem Vorwande der Erfahrungen, welche die West und Süd-West-Winde an die Hand geben: allein zuförderst lehret daß die Erfahrung nicht allemahl; sondern nur bisweilen bemerket man, daß wenn dergleichen Winde wehen, das Quecksilber in einem tiefern Stande, als vorher, im Barometer befunden werde. Das dieses nun von gedachten Winden herrühre, ist ein Schluß, der durch die Erfahrung nicht gerechtfertiget wird. Daher scheinet diese Erklärung ungewiß und unbestimmt zu seyn: denn weil das Quecksilber zu gewissen Zeiten

Zeiten bey eben den Winden zu steigen beginnt, bey welchen es zu andern Zeiten gefallen ist, wie man aus vielen Wetter-Beobachtungen wissen kan; so werden diese Winde, wenn sie ja die Luft leichter machen, es nur in gewissen Fällen thun. So lange diese Fälle nicht bestimmt werden, wird es auch zweifelhaft seyn: ob eine würklich vorgehende Verminderung der Schwere der Luft, und insonderheit diejenige, von welcher hier die Rede ist, dergleichen Winden zugeschrieben werden müsse? Und wie wäre es, wenn das Quecksilber im Barometer fiele, ohne daß in einer vorhergehenden Zeit von mehr als 24 Stunden so wenig in der obern als untern Luft ein Wind verspüret würde, und dieses fallen wärete einige Tage fort, bey einer völligen Wind-Stille, und mit dem Erfolge eines langwierigen Regens? Solte also der Wind bey der Erklärung dieser Natur-Begebenheit in Betrachtung kommen können?

Es ist auch nöthig, daß man die Verminderung der Schwere der Luft von der Verminderung ihrer Dichtigkeit wohl unterscheide. Die leztere kan allen Ansehen nach mit mehrerer Gewißheit einigen Winden zugeschrieben werden. Denn es ist bekannt: daß die Luft durch die Wärme ausgedähnet und also auch verdünnet wird. Folglich wird ein jeder warmer Wind, der die obere Luft durchstreichet, auch in der untern eine Verdünnung verursachen: durchstreichet er aber die untere; so wird auch die obere, vermöge der nothwendigen Würkung und Gegenwürkung, welche beyde beständig gegen einander äussern, daran Theil nehmen. Darauf kan unter gewissen Umständen eine Vermin-

derung der Schwere der Luft, die aber den Winden an und vor sich nicht beyzumessen ist, und endlich auch ein Regen erfolgen, welcher letztere ohnedem allemal eine Verdünnung der Luft voraus setzet, und auf diese Art werden die Winde einen Regen verursachen können, wenn sie gleich bey dem würklichen Erfolge desselben zu wehen aufgehöret haben.

Jedoch das alles sind ungewisse Vermuthungen, damit man in Erklärung würklich vorfallender Witterungen wenig ausrichtet, und wenn ich den einzigen Umstand ausnehme daß die Luft durch warme Winde verdünnet werde, welches ausser Zweifel ist; so wird alles übrige nur mit grosser Ungewißheit auf würklich vorhandene Fälle angewendet werden können. Denn man kan dessen selten gewiß seyn, ob eine vorgegangene Verdünnung der Luft auch eine Verminderung ihrer Schwere nach sich gezogen habe, oder nach sich ziehen werde: es ist bekannt, daß die letztere keinesweges als eine nothwendige Folge der ersteren angesehen werden könne, wenigstens kan man sich durch Vergleichung der Beobachtungen des Manometers und Barometers mit einander leicht davon überzeugen: denn diese lehren, daß die Luft oft eine starke Verdünnung erleidet, ohne daß sich in dem Stande des Quecksilbers im Barometer eine Veränderung zeige. Wie das zugehe läßt sich aus aufmerksamer Betrachtung der Umstände leicht begreifen. Ein Cubic-Fuß verdünnter Luft wird zwar freylich einem andern, der diese Verdünnung nicht erlitten, an Schwere nicht gleich seyn können: allein deswegen ist die Verminderung der Schwere bey einer ganzen Luft-Säule, die durch

ihren

ihren Druck das Quecksilber im Barometer bis zu der gewöhnlichen Höhe hinauf treibet, keine nothwendige Folge der Verdünnung. Denn wenn die Luft verdünnet wird; so kan sie sich zu einer grössern Höhe erheben, und weil der Druck der flüßigen Körper sich nach ihrer senkrechten Höhe richtet; so kan sie dadurch den Abgang ihres Drucks, den sie durch Verminderung ihrer Dichtigkeit erlitten hat, ersetzen. Solchergestalt kan die Atmosphäre verdünnet worden seyn, ohne dadurch leichter geworden zu seyn, alsdenn aber wird ihre Höhe zugenommen haben: und bey dem allen haben wir auf obige Frage noch keine Antwort.

Nun ist noch die Meinung einiger berühmten Natur-Forscher übrig, von der ich um ihrer grossen Brauchbarkeit willen wünsche, daß sie gegründet seyn mögte: daher habe ich mir eine ausführliche Betrachtung derselben hier vorgenommen, und werde, so sehr ich auch dafür eingenommen bin, dennoch mit aller Unpartheylichkeit davon zu reden beflissen seyn. Sie gründet sich auf einem Satze, der, wenn er richtig seyn solte, in der Natur-Lehre von grosser Erheblichkeit seyn würde, und eben darum, zumal da er noch nicht genugsam bewiesen, und durch Versuche noch nicht hinlänglich bestätiget ist, einer genauen Untersuchung bedarf.

Es ist bekannt, daß, wenn ein Körper in einer flüßigen Materie ganz eingetaucht schwebet, die Schwere der letztern dadurch um so viel vermehret werde, so viel die Schwere desjenigen Theils der flüßigen Materie beträgt, dessen Stelle der Körper einnimmt. Z. B. Man bringe ein Gefäß voll Wasser

auf einer guten Waage ins Gleichgewicht, und senke sodann einen Cubic-Zoll Bley vermittelst eines Fadens in das Wasser desselben, so daß er ganz eingetaucht darin schwebet; so wird dadurch die Schwere des auf der Waage-Schaale stehenden Gefässes vermehret, und man wird, um dasselbe wieder ins Gleichgewicht zu bringen, auf der andern Seite so viel Gewichte als ein Cubic-Zoll Wasser wieget, zulegen müssen. Folglich hat das Wasser so viel Zuwachs an Schwere bekommen, als die Schwere derjenigen Masse des Wassers beträgt, deren Stelle der Cubic-Zoll Bley einnimmt. Dieser Satz ist nun bekannt und ausser Zweifel, so lange nemlich der fremde Körper im Wasser schwebend erhalten wird, und ohne Bewegung ist: er läßt sich auch leicht begreifen, ob ich gleich gestehen muß, daß mir der Beweiß desselben a posteriori einleuchtender zu seyn scheinet, als derjenige, den man a priori in den Abhandlungen der Hydrostatik gewöhnlicher weise angeführet findet. Man setzet dabey voraus, daß das den fremden Körper umgebende Wasser mit eben der Kraft gegen ihn würke, mit welcher es gegen das Wasser, welches vorher die Stelle desselben einnahm, gewürket hat. Das ist nun wohl wahr: allein wie daraus folge, daß die Schwere der ganzen Masse des in dem Gefässe vorhandenen Wassers so viel vermehret werde, als die Schwere desjenigen Wassers beträgt, dessen Stelle der fremde Körper nunmehro einnimmt, läßt sich nicht anders als vermittelst eines anderweitigen Satzes, der aber wiederum eines Beweises bedarf, begreifen, nemlich: daß der fremde Körper mit eben der Kraft in das Wasser würke, mit welcher ihm dasselbe widerstehet: und auch das ist richtig:

tig: allein wenn nun alles auf diese Art bis zu der erforderlichen Evidenz dargethan werden soll; so wird der ganze Beweiß dadurch ungemein weitläuftig. Mir scheinet die Richtigkeit dieses in der Hydrostatik so wichtigen Satzes viel kürzer und einleuchtender dargethan zu seyn, wenn man annimmt: daß der fremde Körper im Wasser so viel von seiner Schwere verliehret, als das Wasser wieget, dessen Stelle er einnimmt, und dieser Satz läßt sich nicht nur aus dem Widerstande, den der Körper im Wasser findet, leicht begreifen; sondern er wird auch durch die Erfahrung vollkommen bestätiget: alsdenn kan man leicht zeigen, wie dieser verlohrne Theil der Schwere des Körpers in das Wasser übergehe und sich mit dessen Schwere dergestalt vereinige, daß sie dadurch den gemeldeten Zuwachs erhalten müsse.

Ich habe dieses bloß darum angeführet, damit ich dadurch zur richtigen Beurtheilung dessen, was ich nun vorzutragen habe, etwas beytragen möge. Denn nun ist die Frage: Wenn dieser fremde Körper vermöge seiner Schwere in Bewegung geräth und also im Wasser zu Grunde sinket; wird der gemeldete Zuwachs der Schwere des Wassers während der Zeit dieser Bewegung auch noch statt finden? Diese Frage wird von einigen verneinet, die der Meinung sind: ein Körper vermehre nach obigen Natur-Gesetzen nur so lange die Schwere des Wassers, so lange er im Wasser schwebet, und von denselben getragen wird: so bald er aber anfange sich vermöge seiner Schwere zu bewegen, so bald verliehre das Wasser denjenigen Theil der Schwere, den es durch diesen Körpers während der Zeit, da es ihn trug, erhalten hatte.

Obgleich

Obgleich diese Meinung schon vor vielen Jahren, wie ich auch hernach zeigen werde, von einem berühmten Natur-Forscher vorgetragen worden; so ist sie dennoch in der Natur-Lehre noch immer etwas neues, denn sie ist bis jetzt noch ungewiß: und wenn sie etwa künftig noch einmal entschieden und richtig befunden werden solte; so würde sie dann einen recht wichtigen Lehr-Satz ausmachen. Ich besorge aber, sie werde von einigen meiner Leser sogleich verworfen werden. Diese werden so denken: Wenn der fremde Körper im Wasser zu Grunde sinkt; so geschiehet das mit einer viel geringern Geschwindigkeit, als diejenige ist, mit welcher er in der Luft herab fällt! warum? weil er im Wasser grössern Widerstand findet! folglich würkt derselbe Widerstand, den ihm das Wasser, da er noch schwebete, entgegen setzte, auch alsdann in ihn, wenn er hinab sinkt, und das muß also in beyden Fällen dieselbe Würkung haben, daß nemlich ein Theil seiner Schwere durch diesen Widerstand verlohren gehet und mit dem Wasser vereiniget bleibt.

Auf solche Art wäre es nun mit dem vorgetragenen neuen und wichtigen Satze nichts! allein ehe wir ihn so gänzlich verwerfen, muß ich diejenigen, die sich dazu geneigt befinden, bitten, daß sie sich nicht übereilen! denn mir deucht er könnte, so viel diese angeführten Schlüsse betrift, noch wol unumgestossen geblieben seyn, weil die allgemeine Gültigkeit derselben zweifelhaft zu seyn scheinet. Man gedenke sich mitten im Wasser des Gefässes einen Cubic-Zoll Wasser, und stelle sich vor, derselbe hebe an mitten durch das übrige Wasser hindurch zu Grunde zu sinken; würde das Gefäß alsdenn

denn noch eben so schwer bleiben? Dieser angenommene Fall, wird man sagen, ist nicht möglich! Allein wenn ich eine in einer flüßigen Materie befindliche fremde Materie annehme, die von der flüßigen dergestalt aufgelöset worden, daß ihre eigenthümliche und absolute Schwere mit der Schwere der flüßigen in diesem Zustande eine und eben dieselbe ist; so ist dieser Fall dem angenommenen, wie mir deucht, sehr ähnlich, und bey denen in der Luft aufgelöseten Dünsten findet er würklich statt. Wenn nun diese Dünste anfangen zu gerinnen und vermöge ihrer Schwere in Bewegung zu gerathen; so scheinet es durch obige Schlüsse noch nicht entschieden zu seyn: ob die flüßige Materie, in welcher dergleichen Bewegung vorgehet, dadurch leichter werden müsse oder nicht? Und also bedürfen sie auch in Ansehung dessen was die Schwere einer Masse von Wasser betrift, wenn ein fremder Körper in derselben hinab sinkt, noch einer nähern Untersuchung. Genug, man muß das Ansehen eines so sonderbaren und unerwarteten Satzes, der auch ungemein brauchbar zu seyn scheinet, so lange als es sich will thun lassen, zu erhalten suchen. Daher werde ich zwar um seinetwillen der Wahrheit nichts vergeben, vielmehr werden die Wahrheiten der Natur-Lehre auch bey dieser Untersuchung gewinnen: aber ich werde mich bemühen, so viel als mir nur möglich ist, zur Entscheidung der Sache beyzutragen.

Man setze an die Stelle des Wassers einen andern flüßigen Körper, z. B. die Luft, und an die Stelle des im Wasser schwebenden fremden Körpers die in der Luft so häufig vorhandenen wässerigten Dünste. Hat

der

der vorgetragene Satz seine Richtigkeit; so wird er ohnfehlbar die Frage entscheiden: warum bey einen bevorstehenden Regen das Quecksilber im Barometer falle, und also die Schwere der Luft schon vor dem Regen abnehme? Man kan dergleichen Regen vermittelst verschiedener im Dunst-Creise sich äussernder Merkmale vorher sehen, und diese sind so beschaffen, daß man es an ihnen gewahr wird, wie die Natur schon eine geraume Zeit, und oft mehr als 24 Stunden vorher, die zu solchen milden Ergiessungen erforderliche Anstalten zu machen anfange, und worin bestehen sie? Eine in der Luft vorhergegangene Verdünnung ihrer Materie nöthiget die wässerigten Dünste, die sie wegen Abnahme ihrer Dichtigkeit so vollkommen aufgelöset, und in ihre Zwischen-Räume vertheilet zu erhalten nicht mehr vermag, zu gerinnen, und darauf erfolgen alle übrige hieher gehörige Erscheinungen, die ich hernach anführen werde. Also ist die Verdünnung der Luft die ursprüngliche Veranlassung dieser Natur-Begebenheiten: allein die darauf folgende Abnahme ihrer Schwere kan man, wie ich schon gesagt, der Verdünnung an sich nicht zuschreiben. Um dieses recht einzusehen muß man die eigenthümliche Schwere der Luft von ihrer gemeinen oder absoluten Schwere unterscheiden. Um jene bekümmern wir uns selten, und sie kan nur vermittelst eines guten Manometers, dessen beste Einrichtung, meiner Einsicht nach, in einer kupfernen verschlossenen von Luft ausgeleerten und an einer empfindlichen Waage hangenden Kugel bestehet, die einen Fuß im Durchmesser hat, wahrgenommen werden. Diese die absolute Schwere hingegen wird vermittelst des Barometers beobachtet: jene wird durch

die

die Verdünnung der Luft vermindert: diese hingegen kan dabey unverändert bleiben, denn man findet selten, daß sie bey starken vermittelst des Manometers beobachteten Verdünnungen der Luft, abnehme, ausgenommen nach einiger Zeit, wenn die Verdünnung der Luft in Ansehung der Dünste verschiedene Veränderungen nach sich gezogen hat. Man würde also sehr irren, wenn man die Veränderungen der vermittelst des Barometers beobachteten Schwere der Luft denen abwechselnden Verdünnungen und Verdichtungen derselben beymessen wolte; denn da wiederspricht die Erfahrung durch viele Beobachtungen, deren Anführung mir hier zu weitläuftig seyn würde, und die ein jeder nach Belieben selbst anstellen kan. Wir müssen also die Abnahme der Schwere der Luft ganz andern Ursachen zuschreiben, und diese haben wir hier aufzusuchen.

Zu dem Ende ist es nöthig vorher die Frage zu beantworten: woher die Verdünnung der Luft entstehe? Sie kan durch verschiedene bekannte und unläugbare Würkungen der Natur verursacht werden, und ich habe eine allgemeine Erläuterung davon in der neuen Theorie der Erde §. 97 vorgetragen. Denn wenn die Luft, wie ich daselbst gezeiget, solchen Bewegungen, deren wir an der Ebbe und Fluth der See gewahr werden, unterworfen ist; so ist leicht zu begreifen, wie sie durch eine von der Würkung des Mondes herrührenden Erhöhung ihres Standes über der Erde ausgedähnet und also verdünnet werden könne: und das kan vermittelst der Mitwürkung sehr vieler Neben-Umstände, die hier zusammen kommen, zu allen den Begebenheiten, davon wir hier reden, Anlaß geben.

Das wäre also der Ursprung aller der Veränderungen, denen die Luft in Ansehung ihrer Dichtigkeit unterworfen ist, und die nebst den Veränderungen ihrer Schwere die eigentlichen Mittel sind, dadurch die Natur die Abwechselungen der Witterung bewerkstelliget. Denn die Winde an sich würden nicht hinreichen die so mannigfaltigen Austritte auf diesen weitläuftigen Schau-Platze der Natur hervorzubringen; wenn die verschiedenen Begebenheiten, die sich mit den Dünsten in der Luft eräugen, nicht damit verbunden wären: und diese würden so lebhaft und in einem so weitläuftigen Umfange nicht von statten gehen, wenn sie nicht durch die Winde befördert würden. Die Natur verbindet also beyde mit einander, und bewerkstelliget das, was bey den Witterungen von den Dünsten abhanget, durch die Veränderungen der Dichtigkeit, und was von den Winden abhänget durch die Veränderungen der Schwere der Luft. Jene sind Würkungen des Mondes und Folgen welche die fluthenden und ebbenden Bewegungen, die er im Luft-Creise verursachet, nach sich ziehen. Man würde sie auch als Würkungen der Sonnen-Strahlen ansehen können: allein diese mögten wegen der Durchsichtigkeit der Luft, in einer beträchtlichen Höhe über der Erde die zur Verdünnung derselben erforderliche Kraft wohl nicht haben, ausgenommen, wenn sie Dünste vor sich finden, die sie erwärmen können: das setzet aber schon voraus, daß in der Dichtigkeit der Luft eine Veränderung vorgegangen sey. Was aber die Veränderungen der Schwere der Luft, von denen die Winde abhangen, betrift; so scheinet der Ursprung derselben mehr verborgen zu seyn. Solten wir so glücklich seyn ihn zu finden;

den; so würde das eine sehr erhebliche Entdeckung seyn. Ich sehe es aber schon vorher, daß ich dieses Vorhaben nicht hinaus führen werde: indessen will ich mich bemühen zu dessen Beförderung behüflich zu seyn.

Ist die Luft verdünnet; so treten ihre Dünste aus den verborgenen Behältnissen, in welchen sie bisher durch die Dichtigkeit der Luft enthalten wurden, hervor: sie ziehen sich zusammen, und werden in der Gestalt eines durch die Luft ausgebreiteten Dunstes, davon das Himmelblau erblasset, sichtbar: die Sonne gehet blaßroth unter: der Mond wird von einem hellen Creise umgeben: das Quecksilber im Barometer beginnt zu fallen, und fähret damit ruckweise fort, und den zweyten oder dritten Tag darauf fängt der Himmel an sich zu ergiessen, oder es erfolgen Winde.

In der Zeit also, die wärend dieser vorläufigen Veranstaltungen des Regens verfliesset, befinden sich die wässerigten Dünste in einer beständigen Bewegung, und da sie, wie man aus der Menge des herabfallenden Regens abnehmen kan, eine sehr grosse Masse ausmachen, durch deren Schwere die Schwere der Luft nothwendig vermehret werden wird; so würde dieser Zusatz, den die leztere dadurch erhalten, vermöge des oben gemeldeten neuen Satzes von dem an, da die gedachte Bewegung der Dünste sich anhebt, wegfallen: und darüber kan allerdings eine geraume Zeit verfliessen ehe der Regen erfolget. Denn da die eigenthümliche Schwere der Dünste, wenn sie auf diese Art in Bewegung gerathen, und im Regen herabfallen sollen, über die Schwere der Luft nothwendig das Uebergewicht gewinnen müssen, und dieses nicht anders, als durch fortwährendes und immer allgemeiner werdendes Ge-

U rinnen

rinnen derselben geschehen kan: ja, da die gerinnenden Dünste, indem sie in Gestalt der Wolken herab sinken, unter sich eine zunehmende Dichtigkeit der Luft antreffen, deren eigenthümliche Schwere sie gleichfalls durch nach und nach zunehmendes Uebergewicht der ihrigen zu überwinden haben; so wird man durch alle diese Umstände berechtiget sich von dem ganzen Vorgange der Sache folgende Vorstellung zu machen:

Zuförderst wird die obere Luft verdünnet: darauf gerinnen die Dünste, weil sie von dieser verdünnten Luft nicht mehr getragen werden können: vermöge des dadurch erhaltenen Uebergewichts ihrer eigenthümlichsten Schwere sinken sie langsam in eine niedrigere Gegend der Luft herab: daselbst finden sie ihres gleichen in grösserer Menge, und vereinigen sich mit ihnen: das Gerinnen und Zusammenstossen der Dünste nimmt zu und wird allgemeiner, und sie werden also nach und nach auch der zunehmenden Dichtigkeit der untern Luft gewachsen: sie senken sich in derselben immer tiefer herab, bis sie sich endlich mit den zahlreichen und schweren Dünsten der untersten und dichtesten Luft-Gegend vereinigen, im herabfallen Tropfen bilden und also die Oberfläche der Erde benässen. Ehe es bis dahin kommt hat die Luft nach Anzeigung des Barometers schon längst einen starken Abgang an ihrer Schwere erlitten, und die Ursachen davon müssen also schon vorher und ehe der Regen erfolget, vorhanden und würksam gewesen seyn. Man siehet auch leicht ein, daß während dieser Begebenheit eine Zeit von mehr als 24 Stunden verfliessen könne. Da sich nun von dem eigentlichen Vorgange derselben keine andere Vorstellung machen läßt, als diese, daß sie in einer beständi-

gen Bewegung der wässerigten Dünste bestehe; so giebt das schon Anlaß die Ursachen der Abnahme der Schwere der Luft in diesen Bewegungen der Dünste aufzusuchen.

Hat nun der Satz seine Richtigkeit: daß ein Körper, der bey seiner Schwebung in einer flüßigen Materie die Schwere derselben auf obengemeldete Art vermehret, aufhöre diese Vermehrung zu verursachen, so bald er sich vermöge seiner eigenen Schwere durch die flüßige Materie hindurch beweget; so muß die Schwere der flüßigen Materie, sobald diese Bewegung sich anhebt, abnehmen: folglich muß auch die Luft leichter werden, sobald die Dünste zu gerinnen anfangen, ob sie gleich noch nicht im Regen herabfallen. Also wäre dieses nun eine richtige Erklärung der Ursachen, denen das Fallen des Queckſilbers im Barometer bey diesen Umständen zugeschrieben werden kan. Ich halte diese Erklärung auch noch aus verschiedenen andern Ursachen für ungemein wichtig, und den Satz, der sie an die Hand giebt, für eine fürtrefliche Erfindung. Alles beruhet nun darauf: ob er richtig sey? Ich trage aber Bedenken mich in einen Beweiß desselben a priori oder aus Grund Sätzen einzulassen: denn bey Sätzen, die sich durch Versuche ausmachen lassen, ist es eine erlaubte Gemächlichkeit die Mühe des zur Erfindung eines tiefſinnigen Beweises erforderlichen Nachdenkens so lange zu sparen, bis die Erfahrung ihre Richtigkeit entschieden hat. Ueberdem schreibe ich jetzt Versuche, und habe mich also nur zu Beweisen, die die Erfahrung an die Hand giebt, verbindlich gemacht: und ich muß es auch nur gestehen, daß ich würklich über einen Beweiß a priori nachgedacht, aber solche Schwierig-

keiten gefunden habe, dadurch mir die Wahrheit dieses Satzes sehr zweifelhaft geworden: alle Schlüsse, die ich herausbringen konnte, waren ihm entgegen. Demohngeachtet glaube ich doch nicht berechtiget zu seyn ihn zu verwerfen: denn ich würde auch Bedenken getragen haben seiner hier zu erwähnen, und mühsame Versuche darüber anzustellen, wenn mich nicht, nebst der Neuigkeit und dem sonderbaren Inhalte desselben, auch das Ansehen berühmter Natur-Forscher dazu bewogen hätte.

Mariotte und **Gulielmini** haben darüber mit einander Briefe gewechselt, und ich erinnere mich ehedem vieles von dem Inhalte derselben in den Leipziger Actis eruditorum gelesen zu haben. Weil ich aber diese so vorzüglich guten Journale nicht mehr bey der Hand habe; so kan ich auch den Jahr-Gang, in welchem diese Sachen nachzusuchen sind, nicht melden. Genug, Gulielmini behauptete den Satz, so wie ich ihn vorgetragen habe. Mariotte verwarf ihn. Gulielmini versicherte: er habe darüber Versuche angestellet und ihn richtig befunden. Mariotte machte diese Versuche nach, berichtet aber: sie wären ihm mißlungen und hätten seine Zweifel an der Sache vermehret. Gulielmini wiederholte seine Versuche in Gegenwart einiger Zeugen, übersandte die Beschreibung derselben an Mariotte, und berief sich auf seine Zeugen. Weiter gehen diese Nachrichten nicht, auch ist die Beschreibung der Versuche in den actis eruditorum nicht mit angeführet, und ich habe sonst in keiner Schrift irgend eines Natur-Forschers, auch selbst in den physischen Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften zu Paris, nichts davon gefunden.

Ist

Ist nun der Satz sonst richtig; so können alle diese Schwierigkeiten und Ungewißheiten, als Schicksale angesehen werden, die er mit andern ihm ähnlichen Entdeckungen, z. B. der Brechung der Licht-Strahlen in einem Seh-Rohre, das von Luft ausgeleeret ist, ingleichen des Lichts, welches das Quecksilber in einer Luftleeren gläsernen Flasche von sich giebt u. s. w., gemein hat. Wie viele Schriften sind nicht von berühmten gelehrten Gesellschaften über diese Sachen gewechselt, und wie viele mißlungene Versuche sind nicht darüber gemacht worden, ehe man das von ihnen wußte, woran jetzt Niemand mehr zweifelt, nemlich daß sie ihre völlige Richtigkeit haben. Daher können dergleichen in Ansehung der Sache, wovon hier die Rede ist, annoch obwaltende Ungewißheiten zu keinen gegründeten Vorurtheilen gegen dieselbe Anlaß geben, noch vielweniger wird man durch das Mißlingen eines und des andern dieserhalb gemachten Versuchs berechtiget sie sogleich zu verwerfen: vielmehr ist es nöthig deren mehrere mit aller Sorgfalt zu veranstalten, bis durch sie etwas gewisses ausgemacht werde.

Ich habe mir hierin viel Mühe gegeben, kan aber doch nicht sagen, daß ich meinen Zweck nach Wunsch erreicht hätte: die Schwierigkeiten, die man, wenn man durch Versuche in dieser Sache etwas ausrichten will, vor sich findet, sind grösser, als ich sie mir vorher vorgestellet hatte, und ihnen mag es auch wohl zuzuschreiben seyn, daß diese von zween so berühmten Natur-Forschern angefangene aber nicht vollendete Untersuchung nicht von mehreren übernommen und bis zur Entscheidung fortgesetzt worden. Indessen hat mich dasjenige, was ich bey diesen Versuchen, so

wenig ich auch mit ihnen zufrieden seyn konnte, wahrgenommen habe, dennoch genöthiget mein Urteil von der Sache aufzuschieben, und sie als unausgemacht anzusehen, und eben darum habe ich derselben hier gedenken wollen, weil ich dafür halte, es sey der Mühe schon werth diese Untersuchung auf dem Wege der Versuche fortzusetzen. Nun habe ich zwar jetzt die Gelegenheit dazu nicht mehr: wenn ich aber denen bey meinen Versuchen vorgefallenen Umständen nachdenke; so glaube ich eines und das andere davon anführen zu können, durch dessen Bemerkung andern die Bewerkstelligung derselben erleichtert und bis dahin befördert werden kan, daß der Sache dadurch auf die eine oder die andere Seite der Ausschlag gegeben werde. Da ich nun jetzt nicht mehr im Stande bin von diesen Bemerkungen Gebrauch zu machen; so will ich es andern, die Gelegenheit und Lust dazu haben, überlassen sich derselben zu bedienen, und die Entscheidung der Sache zu übernehmen, zumal da ich versichert bin, die Art zu verfahren, die ich im Vorschlag zu bringen gedenke, werde gute Dienste thun.

Meines Ermessens müßte die Sache entschieden werden, wenn man in einem Gefässe voll Wasser einen Körper, der vorher mit aller Behutsamkeit im Wasser ins Gleichgewicht gebracht worden, vermöge seiner Schwere durch das Wasser hinab fallen liesse und während der Bewegung desselben die Veränderung der Schwere dieses Gefässes mit aller Genauigkeit beobachtete. Das war der Entwurf, nach welchen ich meine Versuche einrichtete, und wie es mir bey dessen Ausführung ergangen sey, will ich jetzt kürzlich berichten. Meine Leser werden daraus die Nothwendigkeit derjeni-

gen

gen Verbesserungen, die bey einer beliebigen Wiederholung dieser Versuche anzubringen seyn mögten, und die ich zu dem Ende hernach anführen werde, abnehmen können.

Ich bediente mich einer grossen Universal-Waage, die so, wie sie Leupold in seinem theatro machinarum beschrieben hat, eingerichtet war, und die zu diesen Vorhaben schlechterdings nothwendige Eigenschaft an sich hat, daß sie bis zu der Genauigkeit einer Probir-Waage gestellet werden kan, und auch selbst alsdenn, wenn sie mit einer grossen Last beschweret ist, noch äusserst empfindlich bleibt. Die Schaale des einen Arms dieser Waage nahm ich ab, und hieng an deren Stelle eine gläserne Röhre an, deren Durchmesser der Weite 3 Zoll im Lichten und die Länge 15 Zoll betrug, und die oben gänzlich offen, unten aber einen verschlossenen Boden hatte: ich füllte sie mit Wasser, und brachte sie an der Waage so genau ins Gleichgewicht, daß die Abnahme oder der Zusatz von 2 oder 3 Gran eine merkliche Abweichung von der waagerechten Lage des Waage-Balkens verursachte. Ferner bediente ich mich einer Leupoldischen hydrostatischen Waage, von deren beyden Armen der eine so eingerichtet ist, daß allerley Körper, die im Wasser abgewogen werden sollen, daran gehänget werden können: ich hieng eine elfenbeinerne Kugel, die einen Zoll im Durchmesser hatte daran, und brachte sie ins Gleichgewicht, stellte darauf beyde Waagen dergestalt neben einander, daß die an der hydrostatischen Waage hangende Kugel in die mit Wasser angefüllte und an der Universal-Waage hangende Röhre hinein hieng, doch so, daß keine von beyden Waagen der andern an der

freyen Bewegung ihrer Arme hinderlich war, welche Behutsamkeit bey diesem Versuche nothwendig ist.

So bald die Kugel ihre freye Schwebung im Wasser bekam, wurde sie leichter, und man weiß, daß, um in diesem Falle das Gleichgewicht der Kugel wieder herzustellen, von der Schaale der hydrostatischen Waage so viel an Gewichten abgenommen werden müsse, als das Wasser wieget, dessen Stelle die Kugel einnimmt: die mit Wasser angefüllte gläserne Röhre hingegen wurde eben dadurch schwerer, und man weiß daß diese Zunahme der Schwere gleichfalls so viel beträgt, als das Wasser wieget, dessen Stelle die Kugel einnimmt. Um also das Gleichgewicht an beyde Waagen völlig wieder herzustellen, mußten die von der hydrostatischen Waage abgenommenen Gewichte auf die Universal-Waage gelegt werden. Nachdem dieses geschehen, ließ ich beyden Waagen so viel Zeit, daß sie gänzlich zur Ruhe kamen, und ihre beyderseitigen Waage-Balken ohne alle Bewegung in einer waagerechten Lage verblieben.

Also schwebte die Kugel mit dem Verluste eines Theils ihrer Schwere im Wasser, und die Würkung des Ueberrests wurde durch den Faden, vermittelst dessen sie an der hydrostatischen Waage hieng, verhindert: die gläserne Röhre, in deren Wasser sie gänzlich eingetauchet war, befand sich gleichfalls an der Universal-Waage völlig im Gleichgewichte. Wenn man nun annimmt, die Kugel werde bey diesem Zustande der Sachen von dem Faden abgesondert, so daß sie vermöge des Ueberrests ihrer Schwere in die gläserne Röhre hinab fällt; so kan aus solcher Bewegung eine merkliche Vermehrung der Schwere des Gefässes in welche

sie hinab fällt, nicht eher entstehen, bis sie den Boden desselben berühret, und mit ihrer ganzen Schwere darauf ruhet. Denn da das Wasser gegen die hinabfallende Kugel mit keiner grössern Kraft würken kan, als diejenige ist, mit welcher es gegen sie würkte, da sie ohne Bewegung schwebete; so hat es derselben von ihrer Schwere schon so viel abgenommen, als es ihr abnehmen kan. Vielmehr ist die Frage: ob das Wasser nicht eben durch diese Bewegung, bey der es die Kugel nicht mehr so, als vorher, tragen kan, denjenigen Zusatz an Schwere, den es, da die Kugel darin schwebete, erhalten, verlieren müsse? und das solte nun bey dem hinabfallen der Kugel entschieden werden.

Ich schickte mich also an einen der zärtlichsten Versuche zu machen, indem ich die in der obersten Oefnung der gläsernen Röhre schwebende Kugel von dem Faden absondern und sie in die Röhre hinabsinken lassen wolte, und während der Zeit dieses hinabsinkens erwartete ich die Entscheidung des Satzes, um dessentwillen der Versuch gemacht wurde. Wäre die gläserne Röhre in dieser Zeit leichter geworden, so daß der Arm der Universal-Waage, an dem sie hieng, sich merklich gehoben hätte; so wäre die Richtigkeit des gedachten Satzes damit ganz augenscheinlich dargethan worden: wäre hingegen die Universal-Waage während dieser Zeit ungestört im Gleichgewichte geblieben; so würde der Satz dadurch verdächtiger geworden seyn, als er an sich schon ist. Das alles ist nun aus obigen leicht einzusehen.

Was aber meine ersten Versuche in dieser Sache betrift, so leisteten sie mir die Dienste, die ich von ihnen erwartete, gar nicht: und man kan glauben, daß die gemeldete Absonderung der Kugel eine Behutsam-

keit und Behendigkeit erfordere, deren Nothwendigkeit man nicht eher wahrnimmt, bis man durch das Mißlingen einiger Versuche davon belehret wird. Die geringste ungeschickte Bewegung, die dem Faden, an welchem die Kugel hänget, beygebracht wird, verursachet eine Bewegung der freyhangenden gläsernen Röhre und also auch der Universal-Waage, dadurch aller entscheidende Erfolg des Versuchs gänzlich gehindert wird. Daher mußte ich mich vorher eine Zeitlang üben um den Versuch machen zu lernen, ehe ich mir auf den erwarteten Ausgang desselben weitere Hofnung machen konnte, und dachte dabey: wenn Mariotte schreibt, daß ihm der Versuch mißlungen sey; so ist ihm das, dafern er ihn auf eben die Art gemacht hat, nicht zu verdenken. Es giebt Versuche, die uns aller angewendeten Mühe ohngeachtet bloß darum mißlingen, und die Sache, die sie entscheiden sollen, unausgemacht lassen, weil es sehr schwer ist diejenige Behendigkeit, mit welcher die Natur ihre Geschäfte ausrichtet, nachzuahmen, und ich habe bemerkt, daß dieser auch einer von der Art sey.

So oft mir die Absonderung der Kugel von der hydrostatischen Waage vermittelst des Durchschneidens des Fadens, daran sie hieng, gut von statten gieng, bemerkte ich, daß die gläserne Röhre, sobald die Kugel anfieng hinab zu sinken, einen kleinen Ruck aufwärts that, ohne vorher einen merklichen Ruck niederwärts gethan zu haben: allein der aufwärts gehende ist niemals so groß gewesen, daß ich das Vergnügen gehabt hätte sagen oder denken zu können: nun sey die Sache entschieden: denn er wurde, wie es mir vorkam, durch das zu schnelle Hinabsinken der Kugel, und durch deren

Anstoß

Anstoß an den Boden der gläsernen Röhre gehindert oder unterbrochen. Daher waren alle meine Unternehmungen in dieser Sache ohne gewünschten Erfolg, und ich durfte nicht hoffen, daß ich es vermittelst dieser gläsernen Röhre, die bey weiten nicht lang genug war, bis zu einiger Entscheidung würde bringen können. Ich war also auf die Anschaffung einer längern Röhre von der Art bedacht: wurde aber an der Fortsetzung dieser Beschäftigungen durch gewisse Umstände, die mich der Gelegenheit dergleichen Versuche anstellen zu können gänzlich beraubet haben, verhindert. Weil ich indessen wünsche, daß andere, die diese Gelegenheit in Händen haben, die Sache durch Versuche ausmachen mögen; so will ich noch melden, was dazu nöthig sey, wenn es ihnen damit besser als mir gelingen soll.

Den Gebrauch der beyden Waagen scheinet die Genauigkeit des Versuchs zu erfordern, daher weiß ich in Ansehung desselben keine Veränderung vorzuschlagen: vielmehr muß ich nochmals erinnern, daß die grosse Waage insonderheit, an welcher die gläserne Röhre hängt, äusserst empfindlich seyn müsse, widrigenfalls wird sie hierzu ganz unbrauchbar seyn. Da nun die gedachte Leupoldische Universal-Waage die Eigenschaften besitzt, daß man sie vermittelst der Schrauben ihrer Hülsen bis zu solcher Genauigkeit stellen kan; so wird sie vorzüglich zu diesem Versuche erfordert.

Die Art und Weise wie man bey dieser Stellung der Waage zu verfahren habe, wird Kennern derselben bekannt seyn: um der Anfänger willen aber, oder weil man vielleicht versuchen wird eine andere Waage dazu zu gebrauchen, will ich etwas davon anführen. Der Waage-Balken muß hier ein durchgehends grader

Hebel

Hebel seyn, an welchem sich ausser dem Ruhe-Punkte, in welchem er aufliegét, noch zween andere Punkte, die man nach Belieben als Punkte der Kraft und der Last ansehen kan, gedenken lassen. Diese beyden Punkte sind an der Waage diejenigen, in welchen die Waage-Schaalen, oder etwas ihnen gleichgeltendes, den Waage-Balken berühren. Es ist zuförderst eine grosse Vollkommenheit der Waage, wenn diese beyden Punkte würkliche Punkte und nicht Flächen sind, in welchen die Hülsen der Waage-Schaalen sich an den Zapfen reiben, denn das verhindert die Lebhaftigkeit der Bewegung des Waage-Balkens und die Empfindlichkeit desselben. Zu dem Ende müssen die Zapfen da, wo die Berührung geschiehet, eine scharfe Ecke haben. Sodann befördert es die Vollkommenheit der Waage, wenn man diese Zapfen vermittelst einer Schraube nach Leupolds Anweisung so stellen kan, daß sie mit dem mittelsten Zapfen, auf welchem der Waage-Balken ruhet, und der gleichfalls in seinem Berührungs-Punkte eine scharfe Ecke haben muß, beynahe in einer graden Linie liegen, ich sage, beynahe: denn die Lage dieser Zapfen in einer völlig graden Linie würde die Waage unbrauchbar machen: so lange sie aber um ein merkliches unter der waagerechten Linie, die durch den Berührungs-Punkt des Mittelzapfens gehet, liegen, bleibt die Waage brauchbar, und je kleiner dieses merkliche ist, desto empfindlicher ist sie, auch selbst bey einer beträchtlichen Dicke des Waage-Balken, und bey einer ansehnlichen Grösse der Lasten, mit welchen er zu beyden Seiten beschweret ist.

Sodann ist es nöthig, daß es eine gläserne Röhre sey, in welcher man die Kugel hinabsinken läßt, damit man

man die Bewegung derselben wahrnehmen, und, ob sie mit der gehörigen Freyheit und ohne Anstoß an die Seiten der Röhre geschehe, bemerken könne. Eben darum wird auch der Durchmesser der Weite dieser Röhre nicht kleiner als drey Zoll seyn dürfen: besser wird es seyn wenn er grösser ist, dafern sonst die Waage eine so weite mit Wasser angefüllte Röhre zu tragen vermag. Ich glaube auch nicht, daß der Durchmesser der Kugel kleiner als einen Zoll seyn müsse, denn wenn die gläserne Röhre bey dem hinabsinken der Kugel würklich leichter wird; so beträgt diese Verminderung ihrer Schwere so viel als das Wasser wieget, dessen Stelle die Kugel einnimmt: nun würde aber dessen bey einer kleinern Kugel sehr wenig seyn, und dürfte also an der Bewegung des Waage-Balken nicht entscheidend genug in die Augen fallen. Daß aber der hinabfallende Körper eine Kugel seyn müsse erfordert die so nothwendige Behendigkeit seiner Bewegung. Doch solte ich meinen ein Cylinder von Kork, der 2 Zoll Länge und einen Zoll im Durchmesser hat, und an dessen untere Fläche ein bleyerner Kegel von der erforderlichen Grösse so befestiget wird, daß dessen Spitze beym hinabsinken gegen den Boden der Röhre gerichtet ist, würde vorzüglich brauchbar befunden werden.

Insonderheit aber ist eine gläserne Röhre von grösserer Länge, als diejenige, deren ich mich bedienet habe, nöthig, und sie wird vielleicht damit die Waage während des hinabsinkens des Körpers Zeit gewinne die Sache entscheiden zu können, nicht weniger als zwey Fuß lang seyn dürfen. Ich will den Fall annehmen: der Satz, der hier entschieden werden soll, sey falsch, wie denn bis jetzt für dessen Richtigkeit Niemand stehen kan,

und

und bloß Gulielmino zu gefallen wird ihn auch Niemand annehmen; sondern selbst davon überzeuget seyn wollen: und auch das würde schon der Natur-Lehre zum Vortheil gereichen, wenn ein so sinnreich ausgedachter Satz, der zur Erklärung wichtiger Natur-Begebenheiten so gute Dienste anboth, umgestossen würde: ich will also, sage ich, annehmen: der Satz sey falsch; so würde die Waage bey diesem Versuche in ihrem waagerechten Stande bleiben müssen, und eben dieses Verbleiben in einem solchen Stande, würde, wenn die Sache dadurch entschieden werden solte, eine merkliche Zeit fortdauren müssen, und folglich der Röhre an der angegebenen Länge von 2 Fuß nichts abgehen dürfen.

Endlich würde ich entweder in Ansehung der Materie der Kugel oder auch in Ansehung der flüßigen Materie eine Veränderung vorgenommen haben. Das Uebergewicht der eigenthümlichen Schwere des Elfenbeins über das Wasser ist, so viel diesen Versuch betrift, viel zu groß, daher sinkt die Kugel zu schnell hinab. Man nehme also entweder eine Kugel von solcher Materie, deren Uebergewicht über die eigenthümliche Schwere des Wassers nicht grösser ist, als zum hinabsinken erfordert wird, z. B. Ebenholz, den vorhin beschriebenen Cylinder u. d. m. oder man vermehre die eigenthümliche Schwere des Wassers dadurch, daß man eine Menge Salz darin auflösen läßt: auf diese Art wird man die Geschwindigkeit des hinabsinkens nach Gutbefinden mäßigen können und also Zeit gewinnen das Verhalten des Waage-Balken mit aller Aufmerksamkeit betrachten zu können.

Der

Der elfte Versuch.

Von der Verstärkung der electrischen Erschütterungen.

Die mit der Electricität gemachten Versuche sind noch immer lehrreich und wichtig, und die Entdeckungen, zu welchen sie Gelegenheit geben, verdienen eine fortgesetzte Aufmerksamkeit. Ich habe hier zwar eben keine neue Entdeckungen zu berichten, denn dasjenige, was ich in der Sache gethan, haben schon andere vor mir gethan: weil es aber doch allen Ansehen nach so allgemein bekannt nicht ist, als es zur Beförderung eines guten Fortgangs in Erforschung dieser Geheimnisse der Natur seyn solte, und überdem die Nachrichten von verschiedenen Arten des Verfahrens in diesen Versuchen zur Erleichterung ihrer Fortsetzung dienen; so hoffe ich dasjenige, was ich hier davon zu melden mir vorgenommen habe, werde nicht ganz ohne Nutzen seyn.

Die Veranlassung zu diesen Versuchen war ein Vorfall, der mich nöthigte auf eine Verstärkung der electrischen Erschütterungen bedacht zu seyn, und da ich eben hiermit beschäftiget war, gerieth mir des Herrn Prof. Winklers Programma de fulminis avertendi artificio in die Hände. Dieser glückliche Umstand erleichterte meine Unternehmungen, und gab mir Anweisung einige Versuche zu machen, die mich die Wichtigkeit und Merkwürdigkeit der Entdeckungen, die dieses so lesenswürdige Programma in sich enthält, bemerken liessen: und ich achte es der Mühe werth dasjenige, was ich bey dieser Gelegenheit wahrgenommen habe,

hier

hier kürzlich zu melden. Wenigstens wird es eine Reitzung zu weitern Versuchen, und zu einer von mehreren zu übernehmenden Fortsetzung derselben abgeben können. Und mir deucht, wir sind jetzt solcher Ermunterungen bedürftig, weil der Fleiß in dieser Beschäftigung unter uns Teutschen, seitdem die Electricität überhaupt aufgehöret hat, etwas neues zu seyn, ziemlich in Abnahme gerathen ist, und zwar, wo ich nicht irre, aus folgenden Ursachen. Das mehreste was in Versuchen von dieser Art unter uns vorgenommen wird, bestehet in electrischen Spiel-Werken, die weiter zu nichts nutzen, als eine bald gesätigte Neubegierde zu befriedigen. Nur selten und von wenigen wird etwas wichtiges und brauchbares in dieser Sache vorgenommen und bekannt gemacht. Sodann wird auf einer andern Seite vielfältig zu weit gegangen, und eine Anwendung der Electricität gewaget, die ungegründet zu seyn scheinet und alle Grenzen der Wahrscheinlichkeit überschreitet. Wie viele und wie mannigfaltige Würkungen der Natur werden nicht zu der Classe der electrischen Erscheinungen gerechnet, und wie viele Krankheiten von sehr verschiedener Art sucht man nicht durch die Electricität zu heben? Da doch sowohl diese als jene, in sofern die Electricität würkliche Einflüsse in sie hat, nur von einer gewissen Art seyn können, deren eigentliches Unterscheidungs-Merkmal man erforschen und genau zu bestimmen suchen solte. Gleichwie nun bey jenen Verfahren in der Sache zu wenig geschiehet; also wird derselben durch dieses zu viel gethan: und durch beyde werden nachtheilige Vorurtheile gegen die Electricität veranlasset, die die Geschäftigkeit und den Fleiß in Versuchen, vermittelst deren man sie zu heben suchen

suchen solte, hemmen und verhindern. Endlich hat auch, wie es scheinet, eine ungegründete Furchtsamkeit ihre schädlichen Einflüsse in diese Beschäftigungen. Man hat sich durch verschiedene mit einiger Gefahr begleitete Unternehmungen einiger Natur-Forscher in diesen Sachen abschrecken lassen, und sich die traurigen Folgen davon entweder zu fürchterlich oder wenigstens zu unvermeidlich vorgestellet, als daß man sich in der Fortsetzung dieser Versuche noch fernerhin etwas zu wagen entschliessen können: gleichsam als wenn man nicht eben dasselbe, was andere zu ihren Schaden versucht, ohne alle Gefahr ausrichten könnte, wenn man mehrere Behutsamkeit und Vorsichtigkeit darin beweiset: und als wenn nicht eben dieses der vortheilhafte Gebrauch wäre, den man von dem Unglück, das andere betroffen, ohne deswegen die Sache ganz aufzugeben, zu machen hätte. Wie viele Genesungs-Mittel gebrauchet ein behutsamer Arzt zum grossen Vortheil des Kranken, durch deren unvorsichtigen Gebrauch ein anderer den Tod befördert?

Indessen sind das Hindernisse, die, wie ich dafür halte, der Fortsetzung der electrischen Versuche noch bis jetzt entgegen stehen, und es ist nöthig an deren Hebung zu arbeiten. Was das erste betrift; so hoffe ich zu dessen Hinwegräumung dadurch etwas beyzutragen, daß ich verschiedenes, was ernsthaft, was brauchbar oder doch sonst merkwürdig ist, anführen werde, um auf diese Art eine löbliche Neubegierde zu reitzen. Die Hebung des zweyten Hindernisses aber ist theils für diesen Ort zu weitläuftig, theils aber auch von mir nicht zu erwarten: vielmehr muß ich sie andern, denen

die dazu erforderliche Einsicht und Erfahrung in einem grössern Masse, als mir, beywohnet, empfehlen und überlassen: doch werde ich nur etwas weniges dazu diensames anführen. In Ansehung des dritten Hindernisses hingegen will ich von der Grösse der Gefahr, die einige electrische Versuche drohen, woher sie rühre, worin sie bestehe, und wie man sie vermeiden kan, verschiedenes melden, daraus man, wie ich hoffe, genugsam abnehmen wird, daß man hier alles dermassen in seiner Gewalt habe, daß bey einer geringen Behutsamkeit nichts leichter sey, als dergleichen androhenden Gefahren vorzubeugen und sie gänzlich zu entfernen. Daher wird man sich durch sie gewiß nicht dürfen abschrecken lassen dergleichen Versuche, wenn man auch darin bis zu einer ansehnlichen Grösse der Würkungen der Electricität gekommen wäre, noch immer weiter fortzusetzen.

Es ist bekannt, daß die Würkungen der Electricität durch gläserne mit Wasser angefüllte Flaschen gar sehr verstärkt werden: ich habe aber, da ich die Versuche des Herrn Prof. Winklers nachgemacht, wahrgenommen, daß diese Verstärkung viel grösser ausfalle, wenn man in dem Wasser, womit die gedachten Flaschen angefüllt werden sollen, vorher geläuterten Salpeter auflösen läßt. Die Ursach davon ist mir so unbekannt, so sonderbar dieser Umstand an sich ist. Ich vermuthe aber, sie werden sich vielleicht durch einen gewissen Versuch, den ich zu dem Ende in Vorschlag bringen will, entdecken lassen. Es kommt hier darauf an: ob nicht eine jede andere Art von Salzen, wenn sie im Wasser aufgelöset werden, eben dieselbe Wür-

kung

kung hervorbringe? Wenn dieses wäre; so könnte man dann mit vieler Gewißheit behaupten, daß diese so grosse Verstärkung der electrischen Erschütterungen, von der ich hernach ein mehreres melden werde, nicht dem Salpeter allein eigen sey, auch nicht denen Salzen an und vor sich; sondern der grössern Dichtigkeit oder eigenthümlichen Schwere, die das Wasser durch sie bekommt, zugeschrieben werden müsse. Solchergestalt würde die Stärke der electrischen Erschütterungen sich verhalten, wie die Dichtigkeit oder eigenthümliche Schwere der flüßigen Materien, in welchen die electrische gesammlet wird: und alsdenn würde auch z. B. das See-Wasser eine viel grössere Stärke dieser Erschütterungen gewähren mussen, als man von süssen Wasser erwarten kan, weil das letztere doch niemals dem See-Wasser an eigenthümlicher Schwere gleich kommt: auch die Sohle reichhaltiger Salz-Quellen würde stärkere Würkungen der Electricität veranlassen u. s. w. Das wäre nun schon eine sehr gute Anleitung hierin weiter zu kommen, und die Würkungen der Electricität zu einen höhern Grade der Stärke zu erheben, als bisher geschehen ist. Solte sich aber dieser Erfolg bey dem Gebrauche anderer Salze nicht so, wie gemeldet, finden; so würde daraus eine ganz besondere und bisher noch nicht entdeckte Eigenschaft des Salpeters abzunehmen seyn, dadurch er sich noch mehr, als bisher in andern Absichten schon geschehen ist, von andern Salzen unterscheiden würde. Ich überlasse es aber andere diesen Umstand durch Versuche auszumachen. Er zeiget allen Ansehen nach eine neue Spuhr, der man mit einiger Hofnung zu mehreren Einsichten in diese Geheimnisse der Natur zu gelangen, nachgehen

 kan.

kan. Es wird aber eine andere Art der Abmessung der Stärke der Electricität dazu erforderlich seyn, weil der gewöhnliche Electricitäts-Zeiger hier, wie es scheinet, nicht hinreichend ist. Ich habe zwar die Winkel, durch deren Grösse er sein Maaß angiebt, bey dem Gebrauch des Salpeter-Wassers sehr oft grösser, als bey süssen Wasser befunden: allein sehr oft war er auch nur eben so groß, und die Würkungen der Electricität waren gleichwol ungleich stärker, als sie bey süssen Wasser zu seyn pflegen. Daher scheinet dieser Zeiger mit denen Würkungen der in den Flaschen sich anhäufenden electrischen Materie in keiner genugsamen Verbindung zu stehen, und die blosse Lebhaftigkeit der electrischen Blitze, ingleichen die Stärke ihrer Schläge und Erschütterungen, das alles kan kein deutliches Unterscheidungs-Merkmal der Grösse dieser Würkungen abgeben. Es ist also nöthig eine andere und mehr zutreffende Art dieser Abmessungen zu suchen.

So oft ich die Zimmer, in welchen ich diese Versuche gemacht, verändert; habe ich befunden, daß sie in grossen und hohen Zimmern viel besser, als in kleinen und niedrigen, von statten gehen, zumahl, wenn die Anzahl der Zuschauer groß ist. Die Dünste eines Gemachs, in welchem sich viel Menschen befinden, scheinen also den Würkungen der Electricität mehr hinderlich zu seyn, als die Witterungen der verschiedenen Jahres-Zeiten: denn ich habe sie bey allen Abwechselungen der Witterungen in hohen Zimmern sehr stark befunden, jedoch bey heitern Himmel und in einem Zimmer, das von den Strahlen der Mittags-Sonne durchleuchtet wurde, viel stärker. Um die electrische Materie

Materie in Würksamkeit zu setzen, läßt man die gläserne Kugel der Electrisir-Maschine sich an einem ledernen Kissen reiben: man wird aber finden, daß die Versuche viel besser gerathen, wenn die Kugel an den Händen eines Menschen herum lauft, die, weil die aus den Schweiß-Löchern hervordringende Feuchtigkeit der Electricität hinderlich ist, mit Kreide bestrichen seyn müssen: und es scheinet auch nicht, als ob die Gabe durch Anlegung der Hände an die Kugel sehr starke Würkungen der Electricität hervorzubringen allen und jeden Personen unter einer Anzahl von Zuschauern in gleichem Grade beywohne: wenigstens habe ich hierin bey Abwechselung der Personen, an deren Händen die Kugel sich rieb, eine merkliche Verschiedenheit wahrgenommen. Auch sind die Erschütterungen stärker, wenn nach zwey- bis dreyhundertmaligen Herumdrehen des Schwung-Rades andere Hände an die Kugel gehalten werden.

Das alles sind nun Neben-Sachen, die aber in die Haupt-Sache ihre wichtigen Einflüsse haben, und es würden deren noch mehrere hier anzuführen seyn; wenn ich sie nicht als bekannt voraus setzen könnte. Indessen ist die Kenntniß dieser Kleinigkeiten nothwendig, wenn man die Hindernisse, die sich bisweilen hervorthun, und denen Würkungen der Electricität entgegen stehen, entdecken und hinwegräumen will. Eben dieses giebt mir Anlaß von einer zu diesen Versuchen zu machenden Zurüstung, die ich ziemlich vortheilhaft befunden habe, gleichfalls etwas anzuführen.

Je grösser die gläserne Kugel der Electrisir-Maschine ist, desto brauchbarer und merkwürdiger fallen

die Versuche aus: je kleiner die Kugel ist, desto unerheblicher werden sie. Der electrische Wirbel muß sich weit ausbreiten, und es muß eine grosse Menge seiner Materie in Bewegung gesetzt werden, wenn er nachdrückliche Würkungen hervorbringen soll, und dazu wird eine gläserne Kugel von ansehnlicher Grösse erfordert: genug sie kan nicht zu groß, und ihre Bewegung nicht zu schnell seyn. Verschiedene Electrisir-Maschinen sind bloß darum von so unbeträchtlicher Würkung, weil ihre zwar ziemlich grosse Kugel durch ein viel zu kleines Schwung-Rad in Bewegung gesetzt wird. Meines Ermessens solte der Durchmesser der Rolle, die an der Axe der Kugel befestiget wird, sich zum Durchmesser der Kugel, wie 1 zu 3, und zum Durchmesser des Rades wenigstens wie 1 zu 8, verhalten. Wenn die Kugel also 12 Zoll im Durchmesser hat; so muß der Durchmesser der Rolle nicht über 4 Zoll und der Durchmesser des Schwung-Rades wenigstens 3 Fuß betragen. Denn die hier so nothwendige schnelle Bewegung der Kugel hanget, wenn man das gedachte Verhältniß zwischen den Durchmessern der Rolle und der Kugel voraussetzt, von der Grösse des Schwung-Rades ab. Die Maschine, deren ich mich bediente, hatte ein Schwung-Rad von 4 Fuß, und eine Kugel von 13 Zoll, im Durchmesser, und sie that das ihre mit ziemlichen Nachdruck, wie man aus einigen der hier folgenden Versuche abnehmen wird.

Um das Salpeter-Wasser zuzubereiten schüttete ich in eine mit ohngefähr 6 Maaß Wasser angefüllte Flasche ein Pfund geläuterten Salpeter, und ließ sie einige Tage in den warmen Sonnen-Strahlen stehen.

Darauf

Darauf füllte ich mit diesem Wasser eine Anzahl gläserner Flaschen, deren jede ohngefähr ein halb Maaß enthielt, und die sehr dünne im Glase waren. Diese Flaschen verstopfte ich nach jedesmaligen Beschluß der Versuche sorgfältig, und so blieb das in ihnen aufbehaltene Salpeter-Wasser eine lange Zeit brauchbar.

Um die Electricität sicher und mit Nachdruck fortzuleiten, machte ich folgende Einrichtung. In einem grossen Zimmer hieng ich eine eiserne Stange von vier Ellen Länge und einen Zoll ins Gevierte dick vermittelst blau seidener Schnüre an die Decke des Zimmers, so daß sie ohngefähr $1\frac{1}{2}$ Elle lang waagerecht herabhieng. An das eine Ende dieser Stange befestigte ich einen dicken eisernen Drath, der die gläserne Kugel vermittelst einer zahlreichen Menge schmaler aus Flitter-Gold geschnittener Streifen berührete, und diese Art, die electrische Materie von der Kugel aufzufangen, und sie andern Körpern mitzutheilen, habe ich sehr vortheilhaft befunden: denn das Flitter-Gold scheinet dazu brauchbarer zu seyn als alle andere Materien, von denen man die Kugel berühren läßt. An das andere Ende der eisernen Stange hieng ich 6, 8 bis 10 auch 12 Stangen von Meßing-Drath, die bis in eine grosse zinnerne Schaale herab hiengen: auf diese Schaale stellte ich eine Anzahl obgedachter gläserner Flaschen auf, die allzumahl enge Hälse hatten, und nach Befinden der Umstände entweder mit süssen oder mit Salpeter-Wasser angefüllet wurden: in eine jede dieser Flaschen reichte das Ende einer meßingenen Stange hinein, und beynahe bis auf den Boden derselben hinab. Um alle Flaschen legte ich eine aus

Meßing-Drath verfertigte Kette dergestalt herum, daß eine jede Flasche von ihr berühret wurde, und das Ende der Kette aus der Schaale ohngefähr eine halbe Elle lang herabhieng: und endlich goß ich so viel süß Wasser in die zinnerne Schaale, daß die meßingene Kette davon bedeckt wurde.

Ich habe es nie versucht, was für einen Einfluß es in die Verstärkung der Electricität haben mögte, wenn man diese grosse Schaale auch mit Salpeter-Wasser anfüllen würde: solte es aber nicht der Mühe werth seyn die Probe damit zu machen?

An die Mitte der im Zimmer waagerecht hangenden eisernen Stange hieng ich eine aus Eisen-Drath verfertigte Kette, an deren Ende eine meßingene gegossene Keule befestiget war, diese war 8 Zoll lang, $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser dicke, und am Ende war eine Kugel daran gegossen, die einen Zoll im Durchmesser hatte, und glatt poliret war. Wenn jemand mit der einen Hand, die aus der zinnernen Schaale herabhangende Kette ergrif, und die andere Hand der meßingenen Keule näherte, empfieng er eine Erschütterung, die um so viel stärker war, je mehr gläserne Flaschen aufgestellet wurden. Doch waren alle diese Erschütterungen nur, so lange die Flaschen mit süssen Wasser angefüllet waren, an einem Menschen zu wagen.

Auf diese Art habe ich eine Zeitlang, ehe ich mich des Salpeter-Wassers bedienet, verschiedene sonst schon bekannte Versuche gemacht, und will nur von einem derselben, den ich mit einem Kranken vorzunehmen genöthiget wurde, ob er mir gleich mißlungen zu seyn scheinet,

scheinet, auch sogar, jedoch ohne meine Verschuldung, einen traurigen Ausgang hatte, aber dennoch mit einigen merkwürdigen Umständen begleitet war, einige Nachricht ertheilen.

Ein würdiger Mann, dessen Andenken Hochachtung verdienet, wurde im Februar des Jahrs 1756 unvermerkt von einer Lähmung der Muskeln des rechten Fusses befallen, die nach und nach alle Bewegung der Zähen verhinderte, und sich endlich gar bis in die Waden-Muskeln des rechten Beins ausbreitete; so daß die Bewegung des ganzen Fusses unterblieb. Nach Verlauf einiger Wochen wurden die Lenden-Muskeln des rechten Beins gleichfalls von dieser Lähmung betroffen, und die Bewegung desselben verlohr sich also gänzlich, jedoch ohne an der zärtlichsten Empfindung in allen seinen Theilen, ingleichen an der Biegsamkeit seiner Gelenke, wenn es angegriffen und beweget wurde, den geringsten Abgang zu leiden, oder an der äussern Gestalt einige Veränderung zu zeigen: man konnte das Bein auch hin und her bewegen und der Kranke hatte keine schmerzhafte Empfindung davon. Nach einiger Zeit hub sich die Lähmung auf eben die Art auch in dem linken Fusse an, und hatte eben den Erfolg, so daß auch die Bewegung des linken Beins gänzlich unterblieb, und der Kranke also des Gebrauchs beyder Beine völlig beraubet wurde.

In diesem Zustande befand er sich zwey Jahre hindurch, und bediente sich in dieser Zeit auf Anrathen und Verordnung einiger damals lebender berühmter Aerzte nicht nur verschiedener Bäder; sondern auch des Haar-Seils, des Hauens mit Brenn-Nesseln

und anderer Curen: allein umsonst! die Kräfte der Natur wurden dadurch nicht nur erschöpft; sondern die Lähmung breitete sich auch in die Rücken-Muskeln aus, und er wurde sogar des Vermögens im Bette grade aufgerichtet sitzen zu können beraubet. Gegen das Ende des dritten Jahres ergrif die Lähmung den rechten Arm, so daß der Kranke die rechte Hand nicht mehr bis zum Kopfe bewegen und auch den Schulter-Knochen nicht mehr bis zu der gewöhnlichen Höhe heben konnte. Ja endlich gieng auch die Bewegung der Lippen-Muskeln und der Zunge so schwer von statten, daß die Sprache dadurch gehindert wurde.

Bey diesen kläglichen Umständen wurde ich, nachdem der Gebrauch aller andern ersinnlichen Mittel fruchtlos abgelaufen war, ersucht die Versuche der Electricität mit ihm vorzunehmen, und den 22sten des December-Monats im Jahr 1758 machte ich damit den Anfang. Der Kranke lag fast ohne alle Bewegung auf dem Bette, und hatte dabey in allen gelähmten Theilen ein sehr lebhaftes Gefühl auch sehr guten Appetit zum Essen und guten Schlaf. Das Sprechen aber fiel ihm schwer. Sein Geist war heiter und munter. Die gelähmten Theile schienen nur ein wenig verfallen zu seyn, waren auch beständig sehr kalt, und ohne alle merkliche Transpiration.

Ohngeachtet das Wetter sehr trübe war, und ein anhaltender Regen fiel, versuchte ich es doch ihm die Erschütterungen der verstärkten Electricität beyzubringen: Ich fieng an die Muskeln der grossen Zähe an beyden Füssen zu erschüttern, sodann den nervum Achillis, darauf die Muskeln der Waden, und endlich

lich die beyden Lenden-Muskeln nebst ihren Flechsen. Das wärete eine Stunde lang. Darauf erschütterte ich die Muskeln des rechten Arms und insonderheit den Deltoides mit starken electrischen Schlägen eine halbe Stunde lang. Endlich machte ich noch die Versuche der einfachen Electricität, und nachdem die electrische Materie den ganzen Körper durchdrungen hatte; lockte ich die Funken aus den Lippen und der Zunge heraus: Unterdessen hatten die Beine da, wo sie waren erschüttert worden, grosse rothe Flecken bekommen, in deren Mitte eine kleine weisse Blase zu seyn schien, und die Flechsen der erschütterten Muskeln zitterten heftig. In diesem Zustande verließ ich den Kranken vor das mahl, und begab mich auf die Rückreise: gab aber jemanden die erforderliche Anweisung die Versuche in meiner Abwesenheit alle Tage wiederholen zu können. Den 25sten des December-Monats wiederholte ich sie selbst. Von den Würkungen der vorigen war noch nichts besonders zu merken, ausser daß der Kranke berichtete: er habe den folgenden Morgen, als er früh um 4 Uhr aufgewacht, starke Spannungen in den Lenden und besonders in dem musculo recto, auch bisweilen eine starke Hitze und Schweiß an denselben verspüret. Ich ließ die Beine entblössen: die vorhingedachten Flecken hatten sich mehrentheils verlohren. Ich wiederholte also die vorigen Versuche. Der Kranke war diesesmahl noch empfindlicher, und ich mußte also die Stärke der electrischen Schläge mäßigen. Indessen fieng ich die Erschütterungen wiederum so, wie das vorigemal, an den Zähen der Füsse an, fuhr von dem dorso pedis vorwärts über die tibiam und Knie-Scheiben bis mitten auf den musculum rectum hinauf: gab auch

seit-

seitwärts den Waden-Muskeln und dem magno crurali an beyden Beinen einige electrische Schläge, und fieng darauf wieder von der chorda Achillis an zu erschüttern. So oft die letztere getroffen wurde; äusserten sich in denen drey Waden-Muskeln heftige Spannungen. Weil ich dieses als eine gute Würkung ansahe; so erschütterte ich gedachte chordam an beyden Beinen sehr oft, fuhr über den Waden und Knie damit fort und erschütterte den magnum cruralem, ingleichen die Lenden-Muskeln nochmals. Diesesmal hinterliessen die Schläge lauter weisse Flecken. Nachdem ich nun den Lippen-Muskeln und der Zunge einige schwache Erschütterungen beygebracht hatte, verließ ich den Kranken auch diesesmal.

Zween Tage darauf vernahm ich, er habe ein so starkes Ziehen in allen Gliedern bekommen, daß er sich eines kalten Fiebers besorge. Kein Arzt, ohngeachtet ich dessen Beyhülfe wünschte und anrieth, hatte damals etwas mit ihm zu schaffen: und ob ich gleich dieses vermeinte Fieber als eine gute Würkung der Natur ansahe, auch dem Kranken vorher gesagt hatte, daß, wenn sich dergleichen Spannungen äussern solten, er sich dadurch nicht beunruhigen lassen müsse; so besorgte ich wegen seiner grossen Empfindlichkeit doch daß er beunruhiget seyn würde. Ich begab mich also wiederum auf den Weg, fand ihn aber zu meinen Erstaunen in einen höchstbetrübten Zustande. Die durch den gedachten Anfall eines vermeinten Fiebers bey ihm erregte leidige und ganz unnöthige Furcht hatte ihn veranlasset nach dessen Uebergange ein Abführungs-Mittel zu gebrauchen, welches für ihm in diesen Umständen allen

Ansehen nach zu stark war, und dessen Würkungen die innern Theile, weil sie, wie es schien, von der Lähmung auch angegriffen waren, nicht widerstehen konnten: daher verursachte dasselbe einen so starken und anhaltenden Abgang, daß die Kräfte des Kranken dadurch völlig erschöpft wurden, und er also wenige Tage darauf den Geist aufgab.

Die Beurtheilung dieses besondern Vorfalls, insonderheit: ob und was die Electricität dabey gethan habe? überlasse ich denen, die dieser Sachen kundig sind. Ich bin gänzlich der Meinung, daß dieses vermeinte Fieber nur bloß in heftigen durch die electrischen Erschütterungen verursachten Spannungen der Muskeln bestanden. Denn so viel ich aus den Berichten des Kranken und derer die um ihn waren, schliessen konnte, schien es an einigen wesentlichen Merkmalen des Fiebers, nemlich an den fieberhaften Puls, und an einer auf die Spannungen erfolgten Hitze und Schweiß gefehlet zu haben. Und ich vermuthe, daß, wenn der unglückliche Gebrauch des Abführungs-Mittels unterblieben wäre, die geschöpfte Hofnung einer guten Würkung der Electricität nicht ganz unerfüllet geblieben seyn würde.

Ich komme aber wieder auf die vorhingedachte Verstärkung der electrischen Erschütterungen. Diese kan nun ein Mensch, wenn man auch fünf bis sechs Flaschen auf die zinnerne Schaale stellet, noch wol ausstehen: allein bey dem Gebrauch des Salpeter-Wassers ist mehrere Behutsamkeit nöthig. Nachdem ich dasselbe auf vorhin gemeldete Art zubereitet hatte; stellte ich sechs damit angefüllte Flaschen auf, und rich-

tete alles so, wie vorher, ein: nur bediente ich mich, anstatt die Erschütterungen einem Menschen beyzubringen, einer mit süssen Wasser angefüllten gläsernen Kugel die 6 Zoll im Durchmesser hatte, und von aussen um ihren Aequator herum mit einem meßingenen Streifen von einem Zoll Breite eingefasset war. An diesen Streifen konnte das aus der zinnernen Schaale herabhangende Ende der meßingenen Kette angehänget werden. Nachdem ich das Schwungrad der Maschine hundertmal hatte herum drehen lassen, näherte ich die meßingene Keule vermittelst einer daran hangenden blau seidenen Schnur dem Streifen der Kugel, und als sie noch über einen Zoll weit von selbigen entfernet war, fuhr aus der Keule ein heller Bliß auf den Streifen der Kugel mit einem so heftigen Schlage, daß ich mich seitdem niemals unterstanden habe dergleichen durch so viele Flaschen verstärkte Erschütterungen an einen Menschen zu wagen. Ich nahm vier Flaschen von der Schaale hinweg, und ließ deren nur zwo übrig: darauf ließ ich das Ende der meßingenen Kette von jemand angreifen, und nachdem ich das Schwungrad hundertmal hatte herum drehen lassen, versuchte ich eine Erschütterung an ihm. Sie übertraf an Heftigkeit alle vorhergehende vermittelst des süssen Wassers hervorgebrachte Erschütterungen. Also ist bey dem Gebrauche des Salpeter-Wassers, wenn die Versuche an einem Menschen gemacht werden, die grössеste Behutsamkeit nöthig. Doch habe ich niemals bemerket, daß zwo mit diesem Wasser angefüllte Flaschen schädliche Würkungen gehabt hätten: vielmehr habe ich sie bey einem gewissen Versuche, den ich hier gleichfalls beschreiben will, sehr heilsam befunden.

Damals

Damals befand sich ein Mann von mehr als 60 Jahren unter uns, den der Schlag gerühret hatte, und dessen rechte Seite dadurch dergestalt gelähmet war, daß die Bewegung des rechten Arms und des rechten Beins gänzlich wegfiel, und durch keine verordnete Arzney-Mittel wieder hergestellet werden konnte. Er bat mich also die Electricität an ihm zu versuchen, und ich that dieses täglich zwo Stunden. Bey jeden Versuche bediente ich mich zusörderst vier bis sechs mit süssen Wasser angefüllter Flaschen. Mit dieser Stärke der Electricität erschütterte ich jeden Muskel des rechten Arms und Beins dreymal, einmal am Kopfe, das anderemal am Bauche, das drittemal an der Flechse. Nachdem ich diese Erschütterungen durch alle Muskeln der gedachten Gliedmassen fortgesetzt, nahm ich die mit süssen Wasser angefüllte Flaschen weg, und setzte an deren Stelle zwo, die mit Salpeter-Wasser angefüllet waren: darauf erschütterte ich die Haupt-Muskeln, die den ganzen Arm und das ganze Bein bewegen, nemlich den Deltoides und den rechten Lenden-Muskel. Diese Erschütterungen übertrafen an Stärke alle vorhergegangenen, und liessen, wie der Kranke klagte, empfindliche Schmerzen in gedachten Muskeln zurück. Die ersten guten Würkungen von diesen täglichen Versuchen zeigeten sich nach 14 Tagen an den Gliedmassen der rechten Hand und des rechten Fusses: denn die Finger und Zähe bekamen ihre bewegenden Kräfte wieder, welche noch in der dritten Woche nach den Anfange dieser Versuche so vollständig wieder hergestellet wurden, daß der Kranke nicht nur alle beliebige Bewegungen mit den Fingern vornehmen; sondern auch mit der rechten Hand eine sehr fest zugeschraubete Büchse eröf-

nen

nen konnte: allein die Bewegungen des Ellen-Bogens und des Beins im Gelenke des Knies blieben bis in die fünfte Woche unvollkommen. Ich bediente mich also in der fünften und sechsten Woche fast beständig nur der beyden mit Salpeter-Wasser angefüllten Flaschen, welches auch die gute Würkung hatte, daß die sämmtlichen Bewegungen des rechten Arms ohne alle Schwürigkeiten von statten giengen, und der nunmehro völlig genesende Kranke auch seinen Weg ungehindert fortgehen konnte. Sechs Jahr nach diesen Versuchen hat er, so viel die hier erwähnten Theile seines Körpers betrift, einer guten Gesundheit genossen, und soviel ich weiß, geniesset er derselben noch jetzt, da ich dieses schreibe.

Ich habe allezeit bemerkt, daß, wenn die mit Salpeter-Wasser angefüllten Flaschen einige Stunden vorher, ehe ich die Versuche machte, in die warmen Sonnen-Strahlen, oder bey kalter Witterung auf einen warmen Ofen gestellet waren, die durch sie verstärkten electrischen Schläge alles dasjenige übertrafen, was ich hierin jemals versucht habe. Wenn die meßingene Kette, die aus der zinnernen Schaale herab hänget, an einem Körper, an dem Versuche vorgenommen werden solte, befestiget ist; so ist es allemahl gefährlich denen meßingenen Stangen, oder der von der eisernen Stange herabhangenden eisernen Kette zunahe zu kommen, zumal wenn man etwas von Metall an sich träget, das durch die aus diesen Theilen der electrischen Zurüstung herausfahrende Funken getroffen werden kan. Man empfängt sodann die Hälfte der electrischen Erschütterung, da inzwischen die andere Hälfte dem

Körper

Körper mitgetheilet wird, an dem die meßingene Kette befestiget ist. Einige Vorfälle von dieser Art, die durch die Unbehutsamkeit der Zuschauer verursacht wurden, haben mich genugsam versichert, daß wenn sechs bis acht mit Salpeter-Wasser angefüllte Flaschen aufgestellet werden, der ganze electrische Schlag hinreichend sey einen Menschen zu Boden zu werfen. Es fiel mir verschiedene mahl ein die Stärke dieser Schläge und deren Würkungen an allerley Thieren zu versuchen: allein da diese Versuche bloß zu Befriedigung einer ganz unnützen Neubegierde gedienet haben würden; so wird der Leser es mir zu gute halten, wenn ich versichere: daß ich mich niemals überreden konnte zu glauben, ich sey dazu berechtiget. Ich will statt dessen einige andere Würkungen beschreiben, die vielleicht erheblicher und lehrreicher seyn werden.

Bey dieser Stärke der Electricität waren die aus der meßingenen Keule herausfahrende Blitze sehr oft einen Zoll lang, dem Ansehen nach über eine Linie dick und selbst am hellen Mittage von einem blendenden Glanze. Der Anblick dieses so starken Lichts veranlassete mich eine Verlängerung der electrischen Blitze auf die Art, wie sie der Herr Prof. Winkler bewerkstelliget, zu versuchen, und ich halte diesen Versuch für einen der wichtigsten unter allen die bisher mit der künstlichen Electricität gemacht worden, weil er nicht nur als eine Nachahmung der Blitze des Donner-Wetters anzusehen ist; sondern auch einen Weg zeiget, auf welchen man in Verstärkung der electrischen Schläge so weit gehen kan, als man will.

Zu dem Ende schnitt ich aus Flitter-Gold viele kleine Streifen, die $\frac{1}{3}$tel Zoll lang und 2 bis 3 Linien breit waren. Ich ließ an Trink-Gläsern und an gläsernen Platten von verschiedener Länge einen Streifen von geschmolzenen rothen Siegel-Lack, der einen halben Zoll breit war, herunterfliessen, und klebte auf das warme Lack die aus Flitter-Gold geschnittenen Streifen parallel neben einander und so nahe an einander, daß zwischen ihnen nur ein merklicher Raum, durch welchen man mit einer Nadel-Spitze hindurch fahren konnte, übrig blieb. Ich setzte die Gläser umgekehrt auf den Teller der Luft-Pumpe und befestigte sie vermittelst einiger Züge auf demselben so, daß die Luft unter den Gläsern verdünnet wurde. Das aus der zinnernen Keule herabhangende Ende der meßingenen Kette legte ich auf den Teller der Luft-Pumpe, und ließ das Schwungrad der Maschine hundertmal herum drehen: darauf näherte ich die meßingene Keule dem obersten Ende des von Lack gegossenen Streifens. Der Bliz fuhr aus der Keule durch den Streifen nach der völligen Richtung und durch die ganze Länge des lezteren in einem überaus lebhaften Glanze herab, und war mit einem Schlage begleitet, den man ausser dem Zimmer, in welchem diese Versuche gemacht wurden, hören konnte. Ich habe die Luft-Pumpe verschiedene mal am Mittage in die Sonnen-Strahlen gestellet, so daß der Streifen auf den Gläsern unmittelbar von der Sonne beschienen wurde, und dennoch war der an den Streifen hinabfahrende Bliz allezeit von einem blendenden Glanze.

Auf diese Art kan man also die electrischen Blitze nach Gutbefinden verlängern, und ihnen in solcher

Verlängerung eine beliebige Richtung geben, und jemehr mit Salpeter-Wasser angefüllte Flaschen aufgestellet werden, desto grösser ist die Lebhaftigkeit ihres Glanzes und die Stärke ihres Schlages. Ich erinnere mich einsmals, da ich etwa acht dieser Flaschen aufgestellt, und sie vorher wohl erwärmet hatte, einen besondern Umstand wahrgenommen zu haben. Ich war Willens einen gewissen und sonst schon bekannten Versuch an einer mit Eisen-Feile angefüllten gläsernen Kugel zu machen: diese stand aber neben der zinnernen Schaale auf welcher die Flaschen aufgestellet waren, so, daß ich, um sie zu erreichen, mit der eisernen Kette, an welcher die meßingene Keule hieng, denen gläsernen Flaschen ziemlich nahe kommen mußte. Ich näherte die Keule der mit Eisen-Feile angefüllten Kugel, und die eiserne Kette gieng neben der einen Flasche in einer Weite von ohngefähr 6 Zollen vorbey. Ehe ich die Kugel erreichte, entstund zwischen dieser Flasche und der eiseruen Kette ein heftiger Bliz, der mitten aus der Flasche ein zirculrundes Stück Glaß von $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser heraus schlug und das Wasser derselben verschüttete. Ich bin aber völlig ungewiß ob der Bliz aus der Kette oder aus der Flasche herausgekommen, und dieser unerwartete Versuch hat mir hernach niemals wieder gelingen wollen.

Man siehet indessen leicht daß diese Blize der künstlichen Electricität denen welche die natürliche Electricität vermittelst der Donner-Wetter hervorbringet, sehr ähnlich sind, und ich wurde durch diese Versuche gereizt nun auch eine Untersuchung derjenigen Würkung die die lezteren auf vorhergegangene behutsame

Veranstaltung zeigen, vorzunehmen. Was die dabey obwaltende Gefahr betrift; so habe ich befunden, daß dieselbe bey weiten so unvermeidlich nicht sey, daß man sich durch sie von der Unternehmung dieser Versuche dürfte abschrecken lassen. Um dieses sowohl als die Sache selbst einigermassen zu erläutern, will ich dasjenige, was ich bey dieser Gelegenheit wahrgenommen, und was ich von den Versuchen, die andere hierin gemacht, und die so sehr bekannt noch nicht sind, weiß, hier kürzlich zusammen fassen.

Die ganze Sache gründet sich auf einem gewissen Unterschiede, den man sich in Ansehung der Körper, an denen die electrische Materie des Donners ihre Würkungen äussert, zu merken hat, und auf dessen richtige Kenntniß und Anwendung fast alles ankommt. Einige dieser Körper muß man als corpora electricitatis tenacia, andere als corpora electricitatis capacia ansehen. Es ist nöthig daß man diese Ausdrücke recht verstehe, und weil ich mich in der Folge teutscher Benennungen bedienen werde; so muß ich den eigentlichen Sinn, in welchem ich sie genommen haben will, vorher genau und deutlich zu bestimmen suchen.

Ein corpus electricitatis capax ist in dem Verstande, in welchem ich die Worte hier nehme, ein jeder Körper, den man bey der hier zu machenden Anstalt dazu gebraucht, daß die Blitze der electrischen Materie des Donners gegen ihn ausbrechen, und dazu sind alle Körper, nur die harzigten ausgenommen, brauchbar: insonderheit aber die Metalle, und unter ihnen das Eisen vorzüglich. Man stellet einen solchen Körper nur bloß dazu hin, daß er von gedachten Blitzen ge-

troffen

troffen werde, ohne auf die Verbindung zu sehen, in welcher er mit andern Körpern stehet, denn diese ist hier gleichgültig. Ich werde ihn in der Folge den **der Electricität fähigen Körper** nennen. Ein corpus electricitatis tenax ist derjenige Körper, in den die electrische Materie des Donners sich unvermerkt hineinziehet, in dem sie sich aufhält und anhäuft, und aus welchem sie in ihren Würkungen hervorbricht: und hier ist es nothwendig auf die Verbindung dieses Körpers mit andern zu sehen: denn ohne deren regulmäßige Einrichtung wird die electrische Materie des Donners sich nicht auf die gemeldete Art in ihn hinein ziehen, und nur durch diese Verbindung wird er das, was er seyn soll, nemlich ein corpus electricitatis tenax. Man kan sich eines jeden der Electricität fähigen Körpers und insonderheit derjenigen, die ich nahmhaft gemacht, dazu bedienen, indem man sie von allen andern der Electricität fähigen Körpern vorher absondert; so daß sie nur von harzigten Materien berühret werden. Denn weil die electrische Materie des Donners diejenigen Würkungen, von denen ich hier rede gegen harzigte Materien nicht äussert; so bleibt sie in denen, die nur von diesen Materien berühret werden, zurück, hält sich in ihnen auf, und häufet sich an, bis sie Gelegenheit findet hervorzubrechen, und diese findet sie, wenn ihr ein der Electricität fähiger Körper nahe kommt. Ich werde diesen Körper in der Folge den **die Electricität enthaltenden** nennen.

Die Regul, nach welcher man bey Veranstaltung dieser Versuche ganz sicher und ohne alle Gefahr verfahren kan, bestehet also darin. Man mache einen der Electricität fähigen Körper zu einen die Electricität

enthaltenden, und stelle ihn den Einflüssen der Materie des Donners bloß. Z. B. Man errichte auf der Spitze eines Thurns, eines Gebäudes u. s. w. eine eiserne Stange, die in einen mit Pech angefüllten Gefässe befestiget ist: man hange unmittelbar an den obersten Theil dieser Stange eine eiserne Kette und ziehe sie durch die freye Luft auf einen freyen Platz herab, doch so, daß sie keinem andern Körper bis auf 3 oder 4 Fuß nahe komme, und mit dem Fuß-Boden des freyen Platzes einen Winkel von gleichgültiger Grösse mache: man befestige sie an diesen Fuß-Boden vermittelst einer blau seidenen Schnur von zwo Ellen Länge, damit das unterste Ende der Kette einige Fuß weit vom Fußboden entfernet bleibe; so ist diese Stange nebst ihrer Kette ein die Electricität enthaltender Körper geworden. Ziehet nun ein Donner-Wetter herauf, und über den Ort, wo man diese Anstalt gemacht hat, hinweg; so wird die Materie des Donners sich in diesen Körper hineinziehen, sich in ihm anhäufen, und von ihm aus ihre Würkungen dergestalt äussern, daß, soviel man aus bisherigen Versuchen vermuthen kan, die Blitze desjenigen Wetters, welches über diesen Ort hinwegziehet, so lange es sich über denselben befindet, nicht anders, als vermittelst dieses Körpers ausbrechen: wenigstens höret man in der Zeit sonst keinen Schlag als diejenigen, welche die aus der Kette herausbrechenden Blitze verursachen. Wenn aber mehrere Donner-Wetter zugleich über den Gesichts-Creyß hinwegziehen; so haben diejenigen, die von dem Scheitel dieses Orts entfernet bleiben, mit dieser ganzen Anstalt so wenig einige Gemeinschaft, so wenig sie an diesem Orte Schaden anrichten werden.

Daher

Daher ist nun diese Kette eigentlich derjenige fürchterliche Gegenstand, dem man sich ohne Gefahr nicht nahen darf. Jedoch auch diese Gefahr wird fast gänzlich vernichtet; wenn man der Kette einen der Electricität fähigen Körper entgegen stellet. Und das ist das zweyte wesentliche Stück der zu diesen Versuchen erforderlichen Einrichtung. Wolte man die Kette, so wie sie nun in der Luft ausgespannt ist, lassen; so würde sie weiter zu nichts nutzen, als daß sie von der Materie des Donners zwar geschwängert würde, aber ohne einen erfolgenden Ausbruch derselben: er müßte denn etwa durch unvorsichtiges Hinzunahen eines Menschen, wie es bey der unglücklichen Begebenheit des Prof. Richmanns ergangen ist, oder sonst durch einen unvermutheten Zufall befördert werden. Wenn die Kette also zu einer Zeit, da sie von der gedachten Materie in grosser Menge durchdrungen ist, einem Gebäude oder andern Körper zu nahe käme; so könnte dieses leicht traurige Folgen nach sich ziehen. Es ist daher, um aller dieser Gefahr einmal vor allemal vorzubeugen, nothwendig, daß man der Kette einen der Electricität fähigen Körper, z. B. eine andere eiserne Stange, eine eiserne Kugel u. s. w. die auf einem Gestelle, Pfeiler u. s. w. ruhet, und also mit andern Körpern, folglich auch mit dem Fuß-Boden Gemeinschaft hat, in der Weite von 3 bis 4 Zoll entgegen stelle. Dadurch werden alle diejenigen Würkungen und Erscheinungen, die man bey diesen Versuchen mit grosser Bewunderung, und bisweilen mit Erstaunen wahrzunehmen Gelegenheit findet, verursachet.

Sobald das Donner-Wetter sich dem Orte, wo diese Anstalt gemacht ist, nahet: zeigen sich an der

Kette die gewöhnlichen Merkmale der Electricität, die man an der Bewegung daran hangender Faden, Stroh-Halmen u. s. w. wahrnehmen kan. Darauf fahren aus demjenigen Theile der Kette, der dem ihr entgegen gestellten Körper der nächste ist, Funken in Gestalt kleiner Blitze von 3 bis 4 Zoll Länge, so groß nemlich der Raum zwischen beyden ist, aus der Kette in den gedachten Körper, mit einem Geräusche, das man über hundert Schritte weit hören kan. Diese Erscheinungen vermehren sich und werden immer heftiger, je näher das Donner-Wetter heran kommt: und am allerheftigsten auch wol bisweilen sehr schrecklich pflegen sie auszufallen; wenn die Kette von dem aus der Donner-Wolke herabstürzenden Regen getroffen wird. Und ich vermuthe, daß bey einer grössern Entfernung des der Electricität fähigen Körpers von der Kette z. B. von 8 bis 10 Zoll auch weit heftigere Schläge der aus der Kette herausfahrenden Blitze erfolgen würden, weil die electrische Materie sich alsdann bis zu einer grössern Menge anhäufen muß, ehe die Kette sich derselben gegen den ihr entgegenstehenden Körper entledigen kan, gleichwie auch eben dieses die Ursach zu seyn scheinet, warum die Schläge bey den Regen heftiger werden: denn der damit verbundene Sturm-Wind treibt die Kette und was daran hanget, hin und her, und dadurch entfernt sie sich bisweilen eine Zeitlang von dem der Electricität fähigen Körper, welches der vermittelst des Regens sich häufig sammlenden electrischen Materie Frist verstattet, sich dermassen anzuhäufen, daß sie hernach, wenn sie sich durch die schwankende Bewegung dem gedachten Körper wieder nähert, in desto heftigern Schlägen ausbrechen kan.

Sobald

Sobald der Regen aufhöret nimmt die Geschwindigkeit ingleichen die Stärke und Lebhaftigkeit der Blitze ab, so, wie sich die Donner-Wolke entfernet, und die Kette scheinet die electrische Materie derselben dermassen zu erschöpfen, daß in der Zeit, da sie über den Orte schwebet, kein anderer Bliz und Donner vernommen wird, als diejenigen, die vermittelst der Kette zum Ausbruch kommen.

Ich habe die zu diesem Versuche erforderliche Anstalt auf freyen Felde an einer Wind-Mühle gemacht, deren einen Flügel ich senkrecht stellen und oben auf der einen Ecke desselben ein mit Pech und Glaß-Stücken angefülltes Gefäß, in welchem eine eiserne Stange senkrecht aufgerichtet stand, befestigen ließ. An der Spitze der eisernen Stange befestigte ich eine Meß-Kette die 10 Ruthen lang, und mit der Stange unmittelbar verbunden, unten aber vermittelst einer 2 Ellen langen blau seidenen Schnur an einen in die Erde hinein getriebenen eisernen Hacken befestiget war. Ich habe aber gefunden, daß diese Art der Einrichtung entweder mit grosser Sorgfalt gemacht werden müsse, oder auch nicht anzurathen sey. Mehrentheils verursacht die eiserne Stange, die nur zwischen Körpern, die keiner Electricität in den hier angenommenen Verstande fähig sind, befestiget seyn darf, einige Hindernisse, die auch wol gar den Fortgang der Versuche hemmen. Denn sie muß fest stehen, wenn sie die an ihrer Spitze befestigte Kette in der so nothwendigen Spannung erhalten soll: allein in blossen Peche hat sie diesen festen Stand nicht: denn wenn man sie zu der Zeit, da ein bevorstehendes Donner-Wetter zu ver-

muthen ist, aufrichtet und die Kette daran befestiget; so pfleget das Pech von der alsdenn mehrentheils sehr warmen Luft zu schmelzen, die Stange kommt aus ihrer senkrechten Richtung, und lehnet sich gegen die Seiten des Gefässes, in welchem sie stehet, welches freylich niemals gerne gesehen wird. Um dem allen vorzubeugen goß ich in ein hölzernes cylindrisches Gefäß, von 6 Zoll im Durchmesser und 15 Zoll Höhe, geschmolzen Pech, welches mit Ziegel-Mehl vermenget war, und nachdem dasselbe 2 Zoll Höhe im Gefässe einnahm, schüttete ich eine Menge Glaß-Stücken die hernach zwischen den bestehenden Pech fest sassen, darauf, und auf sie stellete ich eine 4 Fuß lange und ½ Zoll dicke eiserne Stange senkrecht. Den ganzen übrigen Raum des Gefässes um die Stange herum füllte ich mit zerbrochenen Glaß-Stücken aus, zwischen welche ich geschmolzenes mit einer grossen Menge Ziegel-Mehl vermischtes Pech giessen ließ. Durch diese Vermischung wird aus dem Peche ein Kitt, der auch selbst durch eine starke Wärme nicht so leicht erweicht werden kan. Solchergestalt stand die eiserne Stange zwischen den Pech und Glaß-Stücken feste.

Hernach aber habe ich immer gedacht, wenn das Pech sehr reichlich mit Ziegel-Mehl vermischt ist, so bedürfe man der Glaß-Stücken gar nicht, zumal, wenn die Stange nicht gar zu dicke und lang ist: ja man könnte die Stange, weil ihre Befestigung doch immer etwas zu schaffen macht, wol gar weglassen, und die Kette nur bloß vermittelst einer blau seidenen 1½ bis 2 Ellen langen Schnur an der Spitze eines Windmühlen-Flügels, Thurns, Gebäudes u. s. w. befestigen,

gen, und bey dieser viel einfachern und leichter zu machenden Einrichtung einen eben so guten Fortgang des Versuchs erwarten. Doch habe ich dieses letztere niemals versucht; sondern mich allezeit der Stange bedienet.

Weil die Kette von dem obersten Theile des Windmühlen-Flügels schräge herab gieng; so machte sie mit dem Fuß-Boden einen schiefen Winkel. An denjenigen Theil der Kette der etwa 6 bis 7 Fuß hoch über der Erde war, hieng ich eine 6pfündige Canonen-Kugel die durch Eisendrath an ihr befestiget wurde, so daß die electrische Materie sich aus der Kette in die Kugel, hinein ziehen konnte. Unter der Kugel ließ ich einen eisernen Erd-Bohrer, dessen Kopf in einem dicken eisernen Ringe bestand, in der Erde befestigen: über den Scheitel dieses Ringes hieng die Kugel dergestalt, daß zwischen ihr und dem Ringe des Erdbodens ein Raum von 3 bis 4 Zoll übrig blieb. Auf diese Art konnten die Blitze aus der Kette in den Ring des Erd-Bohrers hineinschlagen, und die Kette sich der electrischen Materie entledigen.

Nun will ich meine Gedanken von der Theorie dieser Versuche und von der Brauchbarkeit derselben zu Abwendung der Gefahr, welche die Donner-Wetter in vieler Absicht drohen, etwas näher eröfnen.

Es giebt ausser der hier gemeldeten noch verschiedene andere Einrichtungen, die zu Bewerkstelligung dieser Versuche gemacht werden könnten, deren Beschreibung aber hier zu weitläuftig seyn würde, und in Vergleichung mit ihnen scheinet diese die einfachste und leichteste

leichteste zu seyn. Der die Electricität enthaltenden Körper ist hier die Kette, mit oder ohne eiserne Stange, und die daran hangende Canonen-Kugel: der der Electricität fähige Körper hingegen ist der Erd-Bohrer oder ein jeder anderer Körper, der der an der Kette hangenden Kugel auf die gemeldete Art entgegengesetzt wird. Wenn diese beyden Körper in einer so geringen Entfernung mit einander in solcher Verbindung stehen, daß die electrische Materie aus dem einen in den andern würken kan; so ist meines Erachtens irgend eine Art der Gefahr so wenig für das Gebäude, an welchen diese Zurüstung angebracht wird, als für die Personen, die sich derselben nähern, zu befürchten: nur müssen sie der Kette und dem, was daran hanget, nicht näher kommen, als ihr der entgegen gesetzte Körper, z. B. der Erd-Bohrer bey diesen Versuchen, ist. Denn ich will den Fall annehmen: die Kette sey mit der electrischen Materie des Donners dermassen geschwängert, daß die letztere in einem gefährlichen Blitze hervor brechen könnte; so wird diese Würkung ohne allen Zweifel allemal gegen denjenigen Körper erfolgen, der ihr der nächste ist, und dessen nahe Gegenwart wird es nicht zulassen, daß die Kette bis zu einen so hohen Grade electrisch werden könnte, um irgend eine gefährliche Würkung gegen einen andern mehr als 3 oder 4 Zoll von ihr entfernten Körper äussern zu können.

Hieraus läßt sichs begreifen, worin es der Prof. Richmann in Petersburg versehen haben müsse. Er hatte einen die Electricität enthaltenden Körper, nemlich eine eiserne Stange, aufgerichtet, ohne ihm einen andern Körper, gegen welchen die Stange sich hätte entledigen

gen

gen können, entgegen zu setzen. Daher häufte sich die electrische Materie in der Stange dermassen an, daß, als er an denen bey der Stange angebrachten Electricitäts-Zeigern die Stärke der Electricität beobachten wolte, und sich zu dem Ende bis auf $1\frac{1}{2}$ oder 2 Fuß der Stange näherte, der Blitz aus derselben gegen seine Stirne fuhr und ihn zu Boden warf. Dieser und dergleichen Gefahren wird man allemal unterworfen seyn, wenn man einen die Electricität enthaltenden Körper den Einflüssen der vorüber ziehenden Donner-Wetter bloß stellet, ohne eine Ableitung der in ihm sich anhäufenden electrischen Materie veranstaltet zu haben. Ich glaube auch nicht daß durch dergleichen mangelhafte Einrichtungen der Gefahr, welche die Donner-Wetter drohen, gänzlich vorgebeuget werde.

Gesetzt also, es würden auf den Spitzen der Gebäude, der Thürne, der Kirchen u. s. w. eiserne Stangen errichtet, gleichwie es auf des Herrn Franklins, als des ersten Erfinders dieser Versuche, Veranstaltung an einigen Orten in den englischen Colonien in Amerika geschehen seyn soll; so sind hier zwey Fälle möglich: entweder man befestiget die Stange dergestalt, daß sie mit andern der Electricität fähigen Körpern, z. B. mit den Dach-Ziegeln, Dach-Sparren und andern bis in den Forst des Dachs hinauf laufenden Balken Gemeinschaft haben, und selbige berühren: oder man vermeidet diese Berührung dadurch, daß man die Stange auf oben gemeldete Art zu einen die Electricität enthaltenden Körper macht.

Im ersten Falle wäre die Stange ein der Electricität fähiger Körper, und es würde nun noch an der

Haupt-

Haupt-Sache, nemlich an einen die Electricität enthaltenden Körper fehlen: folglich hätte man damit noch gar nichts ausgerichtet. Die Stange wäre weiter nichts, als was eine jede Thurn-Spitze oder anderer erhabener Theil eines Gebäudes ohnedem schon ist, nemlich ein Körper, der die ihm mitgetheilte electrische Materie sogleich von sich in die ihm benachbarten und ihn berührenden übergehen läßt, d. h. es würde auf diese Art weiter nichts geschehen, als was ohnedem schon bey jeden Donner-Wetter an allen Orten geschiehet, ohne daß dadurch das Einschlagen der Blitze verhindert würde. Daher dürfte auch die von einigen vorgeschlagene Ableitung der Electricität durch anderweitige eiserne Stangen von kupfernen Thurn-Dächern oder metallnen Dachrinnen bis in die Erde hinab den verhoften Nutzen wol schwerlich schaffen: denn es ist nicht zu vermuthen, daß der aus einer Wetter-Wolke hervorbrechende Blitz, von welchem dergleichen Dächer getroffen werden, sich den Weg, den man ihm auf solche Art zu weisen gedenkt, werde gefallen lassen: vielmehr nimmt er, wie die Erfahrung lehret, seinen Weg, wenn er einmal ausgebrochen ist, wohin er will, und trift alle Körper die er auf solchen Wege vor sich findet ohne Unterschied ihrer Materien und der Verbindung, in welcher sie mit andern Körpern stehen: nur sind seine Würkungen in dergleichen Körper nach Beschaffenheit ihrer Materien verschieden. Es scheinet also viel sicherer zu seyn, wenn man den Ausbruch desselben aus einer Wetter-Wolke, so lange sie sich über einem gewissen Orte befindet, lieber ganz und gar zu verhindern sucht: wenigstens scheinen die Unternehmungen, dadurch man ihm nach seinen Ausbruche

bruche den Weg zeigen will, wenn sie auch bisweilen ihre Dienste thun solten, keine so allgemeine Sicherheit zu versprechen.

Im andern Falle wird die electrische Materie sich in die Stange hineinziehen, und in derselben anhäufen; so daß sich alle Merkmale einer starken Electricität an der Stange zeigen werden: aber wo bleibt nun diese Materie? wodurch soll die Stange sich derselben entledigen, damit sie nach und nach alle Materie des Donners erschöpfen möge? Dazu findet sich hier gar keine Gelegenheit: und wehe dem, der ihr zu nahe kommt! auch diejenigen Theile des Dachs, die sich in einer geringen Entfernung von ihr befinden, sind gewiß für Gefahr wenig gesichert, und es ist auch nicht glaublich daß der ganze Vorrath der in einer Wetter-Wolke vorhandenen electrischen Materie sich in dergleichen einzele Stangen hinein ziehen werde, oder daß dadurch der Ausbruch der Wetter-Strahlen verhindert werden könne.

Ich halte also dafür, die Abwendung aller dieser Gefahren werde sich nach Anleitung obiger Versuche weit sicherer auf folgende Art bewerkstelligen lassen.

Weil man es aus der Erfahrung weiß, daß die electrische Materie einer Wetter-Wolke sich in ungeheurer Menge in eine eiserne Kette die vorhingedachter massen durch die Luft ausgespannet, und mit einer Ableitung versehen ist, hinein ziehet; so solte man z. B. über einer Stadt dergleichen aus Eisendrath in Gestalt der gewöhnlichen Meß-Ketten verfertigte Ketten

von

von einer jeden Thurn-Spitze zur benachbarten ziehen, so daß ein jedes Ende derselben vermittelst blau seidener und 2 bis 3 Ellen langer Schnüre an gedachten Spitzen befestiget würde. Diese Kette würde sogleich beym herannahen eines Donner-Wetters electrisch werden, doch aber an und vor sich zur Verhütung der Blitz-Strahlen noch nicht hinreichen: denn dazu wird erfordert, daß die ganze Menge der in einer Wetter-Wolke vorhandenen electrischen Materie sich in die Kette hinein ziehe, welches aber schwerlich geschehen würde; wenn man nicht eine solche Ableitung aus der Kette veranstaltete, dabey sie gleichwol dasjenige bliebe, was sie zum Behuf dieser Absichten seyn muß, und was ein jedes Kupfer-Dach oder metallene Dachrinne, die durch eiserne Stangen mit der Erde Gemeinschaft haben, nicht ist, nemlich ein die Electricität enthaltender Körper. Dergleichen Ableitung würde nun meines Erachtens am füglichsten auf folgende Art bewerkstelliget werden können. Man suche einem freyen Platz oder eine breite Strasse, über welche die von einer Thurn-Spitze bis zur andern gezogene Kette hinweg gehet. Mitten über diesen Platze oder Strasse muß eine Canonen-Kugel von beliebiger Grösse, oder ein anderer eiserner Körper, durch Eisendrath an der Kette befestiget werden, und an derselben dergestalt hangen, daß die Kette ob sie gleich durch dessen Schwere niedergezogen wird, dennoch 10 bis 12 Fuß weit von den höchsten Dächern, über welche sie hinweg gehet, entfernet bleibe. Auf dem gedachten Platze oder Strasse müßte ganz genau an dem Orte, über welchem der an der Kette hangende eiserne Körper schwebet, eine gemauerte Pyramide, etwa in der Gestalt eines Obelisken

lisken, aufgeführet und oben mit einem aus Eisen gegossenen Knopfe versehen werden, der so hoch stehen muß, daß der an der Kette hangende Körper in einer Weite von 3 bis 4 Zoll über ihn schwebend bleibt; und dergleichen Pyramide müßte unter einer jeden Kette, die zwischen zwo Thurn-Spitzen ausgespannt ist, errichtet werden.

Bey einer solchen Zurüstung würde meines Erachtens aus keiner Donner-Wolke, die über diesen Ort hinweg ziehet, ein Wetter-Strahl hervorbrechen können: denn alle in ihnen vorhandene electrische Materie würde sich in die Kette hinein ziehen, und diese würde sich derselben in anhaltenden gegen den Knopf der Pyramide herausbrechenden Blitzen, die aber wegen der schleunigen Wiederholung nur schwach seyn, und so wenig der Pyramide als sonst einem benachbarten Gegenstande einigen Schaden zufügen würden, entledigen, und durch diese fortwährende Ableitung würde die Kette in den Stand gesetzt werden den ganzen Vorrath der in einer Wetter-Wolke befindlichen electrischen Materie, so lange sie sich über diesem Orte aufhält, erschöpfen zu können. Gewiß eine Anstalt, die sonderbar seyn, die vieles Unglück abwenden, viele beym herannahen eines Donner-Wetters mit Furcht und Schrecken erfüllte Einwohner beruhigen, und die wenigen Unkosten, die sie erfordert, mit den merkwürdigsten Erscheinungen, die sich beym vorüberziehen der Gewitter, insonderheit zur Nacht-Zeit, auf den Spitzen dieser Pyramiden eräugen müßten, vergelten würde.

Wenigstens habe ich hiermit einen Vorschlag thun wollen, dessen Einrichtung auf dasjenige, was mir durch Versuche dieser Art bekannt worden, gegründet ist. Je fleißiger und sorgfältiger man diese an sich leichte und wenig Kosten erfordernde Versuche wiederholen wird; desto mehr wird man sich von der Güte und Brauchbarkeit dieses zur Abwendung der vielfältigen Gefahr, welche die Blitze der Donner-Wetter drohen, vorgeschlagenen Mittels versichern können.



Der

Der zwölfte Versuch.

Von der gedoppelten Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser.

Wenn man zween Punkte im Sonnen-Rande annimmt, die mit dem Mittel-Punkte desselben in einer graden Linie liegen; so bestimmen diese Punkte einen Durchmesser der Sonne, welcher alsdenn in der graden Linie bestehet, die durch diese Punkte hindurch gehet. Ist diese Linie mit dem Horizonte parallel; so wird sie der horizontale Sonnen-Durchmesser genannt. Man nehme bey einer gewissen Höhe, in welcher die Sonne über dem Horizonte stehet, einen horizontalen Durchmesser derselben an; so wird dieser zween Punkte im Rande der Sonne bestimmen, die zu der Zeit eine mit dem Horizonte parallele Lage nebeneinander haben: aber nach Verlauf einer Viertel-Stunde wird sich diese Lage der gedachten beyden Punkte verändert haben, und nicht mehr mit dem Horizonte parallel seyn: daher wird alsdenn der horizontale Sonnen-Durchmesser durch zween andere Punkte des Sonnen-Randes hindurch gehen, die von den beyden vorigen um einen merklichen Raum entfernet sind. Diese Veränderung der Punkte des Sonnen-Randes, durch welche die horizontalen Sonnen-Durchmesser zu verschiedenen Zeiten hindurch gehen, nenne ich eine Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser.

Nun ist diese Bewegung zwar eine von denen, die am Himmel bloß scheinbar sind: sie hat aber in ver-

schiedene sehr wichtige astronomische Beobachtungen so starke Einflüsse, daß es ohne deren Erklärung und genaue Bestimmung nicht möglich ist diejenigen Irrungen, die sie in den Beobachtungen verursacht, verbessern zu können: und da ich entschlossen bin eine Untersuchung dieser Sache hier vorzunehmen, und selbige durch einige hieher gehörige Beobachtungen zu erläutern; so ist es nöthig, daß ich jetzt das ptolemäische System von der täglichen Bewegung der Sonne um die Erde eine Zeitlang als wahr annehme; alsdann hanget diese Bewegung von zwo verschiedenen Erscheinungen, die dieses System des Augenscheins mit sich bringet, ab, und ist also gedoppelt.

Die erste Art der Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser ist eine Würkung der Bewegung der Sonne in ihren Tage-Circuln. Wenn man annimmt, es gehe ein solcher Tage-Circul durch den Mittel-Punkt der Sonne, und durch zween Punkte des Sonnen-Randes, die mit dem Mittel Punkte der Sonne in einer graden Linie liegen; so kan man den Bogen des Tage-Circuls, der jedesmal zwischen diesen beyden Punkten enthalten ist, als einen Durchmesser der Sonne ansehen, und dieser wird alsdenn, wenn der Mittel-Punkt der Sonne im Mittags-Creise stehet ein horizontaler Sonnen-Durchmesser seyn: hingegen wird er es bey weiten nicht seyn, wenn die Sonne bey ihrem Auf- oder Untergange im Horizonte stehet; sondern alsdann wird er mit dem horizontalen Sonnen-Durchmesser einen Winkel machen, der dem Winkel, den der Tage-Circul der Sonne mit dem Horizonte macht, gleich ist. Hieraus kan man also die

die erste Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser begreifen. Denn man nehme den gedachten Durchmesser der Sonne, der ein Bogen ihres Tage-Circuls ist, als unveränderlich an; so hat man einen beständigen Sonnen-Durchmesser, gegen welchen man die Lage aller unbeständigen oder veränderlichen horizontalen Sonnen-Durchmesser zu einer jeden gegebenen Zeit, da die Sonne über den Horizonte ist, bestimmen kan: folglich wird man auch durch Hülfe dieser Begriffe die Grösse der ersteren Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser bestimmen können.

Weil die Tage-Circul der Sonne insgesammt dem Aequatori parallel sind, oder wenigstens, so viel diese Sachen betrift, dafür angesehen werden können; so machen sie auch alle mit dem Horizonte eines jeden gegebenen Orts einen Winkel, der der Aequator-Höhe desselben Orts gleich ist. Daher wird auch der erste horizontale Sonnen-Durchmesser, der alsdenn statt findet, wenn der Mittel-Punkt der Sonne im Aufgange begriffen ist, mit dem angenommenen unveränderlichen Sonnen-Durchmesser einen Winkel machen, der der Aequator-Höhe desselben Orts gleich ist.

Z. B. zu Magdeburg ist die Aequator-Höhe 37° 37′ (die Bestimmung der Secunden ist in diesem Falle nicht nöthig) MNR Fig. 13. Tab. III. sey der Tage-Circul der Sonne, h z der Horizont, a b der erste horizontale Durchmesser der aufgehenden Sonne, c d der unveränderliche Durchmesser der Sonne, der alsdenn, wenn die Sonne im Mittags-Creise stehet, horizontal ist, q s der horizontale Durchmesser der

untergehenden Sonne, es ist die Frage: Wie groß der Bogen des Sonnen-Randes sey, durch welchen die horizontalen Sonnen-Durchmesser sich während der Zeit bewegen, in welcher die Sonne den über dem Horizonte eines gegebenen Orts von bekannter Aequator-Höhe vorhandenen Bogen ihres Tage-Circuls zurückleget? Ich antworte, dieser Bogen sey zweymal so groß als der Bogen d h b oder die Aequator-Höhe des gegebenen Orts! Denn wenn die Sonne aufgehet; so ist a b ihr horizontaler Durchmesser: stehet sie im Mittage; so ist es ihr unveränderlicher Durchmesser c d, folglich haben die horizontalen Sonnen-Durchmesser sich in dieser Zeit westwärts durch den Bogen b d, der das Maaß der Aequator-Höhe ist, hinauf beweget: und eben so groß ist der Bogen d s, durch welchen sie sich von der Mittags-Höhe der Sonne an bis zu ihren Untergange bewegen. Also betrug der ganze Bogen des Sonnen-Randes durch welchen sich die horizontalen Sonnen-Durchmesser von dem Aufgange der Sonne bis zu ihren Untergange bewegeten, an dem Orte, wo ich beobachtete, 75° 14′.

Weil diese Bewegung gleichförmig ist; so läßt sich hieraus leicht bestimmen wie viel sich die horizontalen Sonnen-Durchmesser in einer gegebenen Zeit verändert haben? ingleichen, wie groß der Winkel sey, den sie zu einer gegebenen Zeit mit dem Tage-Circul der Sonne machen? Man bestimme die Zeit, in welcher der Mittel-Punkt der Sonne, von seinem Aufgange an gerechnet, die Mittags-Höhe erreicht: in dieser Zeit bewegen sich die horizontal Sonnen-Durchmesser durch einen Bogen, der das Maaß der Aequator-Höhe

ist.

ist. Man vergleiche damit die gegebene Zeit, die gleichfalls, wenn sie in die Vormittags-Stunden fällt, vom Anfange des Mittel-Puncts der Sonne an gerechnet werden muß, und schliesse: wie die erstere Zeit zu der letzteren; so der Bogen des Sonnen-Randes, der der Aequator-Höhe gleichet, zu den Bogen durch welchen die horizontalen Sonnen-Durchmesser sich in der gegebenen Zeit verändert haben. Das Complement dieses gefundenen Bogens zu der Aequator-Höhe macht die Grösse des Winkels aus, der zu der gegebenen Zeit zwischen den horizontalen Sonnen-Durchmesser und den Tage-Circul der Sonne enthalten ist. Fällt hingegen die gegebene Zeit in die Nachmittags-Stunden; so rechnet man diese sowol, als die erstere von der Mittags Höhe des Mittel-Punkts der Sonne an, und schliesset wie vorhin: alsdenn bestimmt der gefundene Bogen zugleich die Grösse des Winkels, der zu der Zeit zwischen den Tage-Circul der Sonne und ihrem horizontalen Durchmesser enthalten ist. Man siehet auch leicht ein, daß diese Veränderung der horizontalen Sonnen-Durchmesser nicht zu allen Jahres-Zeiten mit gleich grosser Geschwindigkeit vor sich gehen könne: denn weil sie zu der Zeit, da die Bogen der Tage-Circul der Sonne über dem Horizonte sehr klein sind, d. h. in den kürzesten Tagen durch eben so grosse Räume geschiehet, als zu der Zeit, da diese Bogen sehr groß sind, d. h. in den längsten Tagen; so wird die Geschwindigkeit dieser Bewegung in den kürzesten Tagen um so viel grösser seyn als in den längsten, um wieviel die gedachte Bogen der Tage-Circul in den längsten Tagen grösser sind, als in den kürzesten. Daher werden auch die Einflüsse dieser Bewegungen in

die Beobachtungen, die sie treffen, in den kürzesten Tagen grösser als in den längsten seyn, und z. B. die scheinbare Bahn eines Sonnen-Flecken muß in den kürzesten Tagen eine ganz andere Gestalt gewinnen, als in den längsten Tagen.

Das ist nun die erste Art der Bewegung dieser Durchmesser, und sie ist schon längst bekannt, aber, so viel ich weiß, noch nie genau untersucht und bestimmt worden, welches, wie ich dafür halte, bloß darum unterblieben ist, weil man einer genauen Kenntniß derselben bisher nicht zu bedürfen geglaubt hat. Denn sie äussert ihre Einflüsse nur in die Beobachtungen der Sonnen-Flecken, wie ich hernach zeigen werde, und daß in diesen Beobachtungen bisher noch nichts vollständiges ausgerichtet worden, ist bekannt: vielleicht gehöret auch die Unterlassung einer genauen Untersuchung und Anwendung dieser Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser mit zu den Ursachen der bisherigen Unvollkommenheit dieser Beobachtungen, wenigstens wird es ohne sie nicht möglich seyn den Weg, den die Sonnen-Flecken in ihrer Bewegung durch die Sonne beschreiben, genau bestimmen zu können. Ich glaube aber auch, daß hier noch verschiedene andere Ursachen angeführet werden könnten, um derent willen man vielleicht niemals etwas vollständiges in dieser Sache zu erwarten hat, und man würde es demjenigen, der sich zu dergleichen Unternehmungen entschliessen wolte, zu einen eben so grossen Verdienste um die Astronomie anzurechnen haben; so groß die Gefahr ist, in welche er dabey in Ansehung des Gebrauchs seiner Augen gerathen würde. Die Beobach-

tung

tung eines Sonnen-Flecken muß, wenn sie vollständig seyn soll, Vormittags und Nachmittags zu verschiedenen Stunden wiederholet und 13 Tage lang fortgesetzet werden. Auf diese Art würde durch sie die bisher erläuterte erste Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser bestätiget, und durch deren Anwendung die Beobachtung der Sonnen-Flecken selbst lehrreicher werden, als sie es bisher gewesen ist. Ich hatte mich im Jahr 1761 zu einer Zeit, da die Sonne mit Flecken von merkwürdiger Gestalt und Veränderungen reichlich bestreuet war, mit Instrumenten und zu diesen Beobachtungen erforderlichen Gläsern so gut versehen, daß ich den Sonnen-Körper, und die auf demselben sich eräugenden Veränderungen ohne alle Beschwerde und mit grossen Vergnügen betrachten konnte: allein, nachdem ich diese Betrachtungen einige Tage fortgesetzt, konnte ich aus der Erfahrung schliessen, daß die Stärke unsers Gesichts diesen mit solchen anhaltenden Fleisse fortzusetzenden Geschäfte nicht gewachsen sey; ob ich mich gleich jedesmal eines gedoppelten übereinander gelegten gefärbten Glases bedienete, deren jedes beynahe $\frac{1}{6}$ Zoll dick und so dunkel war, daß man mitten im hellen Sonnen-Scheine dadurch sonst nichts, als den Sonnen-Körper allein, unterscheiden konnte.

Die andere Art der Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser, deren Untersuchung ich mir hier hauptsächlich vorgenommen habe, ist von der bisher beschriebenen gar sehr unterschieden, und von ganz anderer Beschaffenheit, auch meines Wissens vor der merkwürdigen Begebenheit, da die Venus im Jahr 1761 durch die Sonne gieng, noch nie beobachtet,

und ihrer auch bis dahin von den Stern-Kundigen noch nie gedacht worden. Weil die Sache indessen von Wichtigkeit ist, und ich damals Gelegenheit hatte ihre grossen Einflüsse in die scheinbare Bahn der Venus durch die Sonne zuerst zu beobachten; so will ich zuförderst von einigen hieher gehörigen besondern Umständen dieser Beobachtung etwas anführen.

Die Erwartung der grossen Vortheile, die sich die Kenner und Freunde der Stern-Kunde von dieser seltenen Erscheinung und deren richtigen Beobachtung versprachen, wurde durch einen gedoppelten Umstand größtentheils vereitelt: zuförderst dadurch, daß die Veranstaltungen der geschicktesten Beobachter durch Wolken und trübe Luft vergeblich gemacht wurden: sodann dadurch, daß auch selbst diejenigen, denen die Heiterkeit des Himmels einen freyen Anblick dieser sehenswürdigen Erscheinung verstattete, durch einen unerwarteten Zufall an einer genauen und scharfen Beobachtung des Austritts der Venus aus der Sonne, worauf hier das meiste ankam, gehindert wurden, nemlich durch eine Erscheinung, die so viel ich davon beobachtet habe, darin bestand: Kurz vor dem Anfange des Austritts der Venus, da ihr westlicher Rand den westlichen Sonnen-Rand von innen berühren wolte, trat der Sonnen-Rand an den Orte, wo die Berührung geschehen solte, aus, und bildete einen kleinen Bogen, dessen Krümmung über die Krümmung des Sonnen-Randes hervorragete, mit der Peripherie der Venus parallel war, und dessen Breite ohngefähr so viel betrug als der 10te oder 12te Theil des scheinbaren Durchmessers der Venus. Ich habe dieses Fig. 12. Tab. III.

Tab. III. einigermassen vorzustellen gesucht, wo L D ein Theil des Sonnen-Randes, v die Venus und a die austretende Krümme des Sonnen-Randes ist, die sie verursachte.

Es bedarf meines Erinnerns nicht, daß diese Erscheinung als eine Würkung der durch die Atmosphär der Venus verursachten Brechung der Licht-Strahlen des Sonnen-Randes angesehen werden müsse: wenigstens wüßte ich nicht, wie man sie anders erklären könnte, und ich kan mit Gewißheit versichern, daß mir dieser Anblick, da ich in der Beobachtung begriffen war, etwas ganz unerwartetes gewesen: denn meine Aufmerksamkeit war damals auf ganz andere Sachen gerichtet. Ich hatte vom Aufgange der Sonne an, bis um 7 Uhr einige Oerter der Venus in der Sonne gemessen, und von 7 Uhr an wurde der Himmel trübe, blieb es auch bis um 9 Uhr Vormittages. Um diese Zeit verlohr sich das Gewölke und der letzte mit einigen lichten Wolken unterbrochene Nachzug desselben ließ die annoch in der Sonne vorhandene Venus, obwol sehr nahe an ihrem westlichen Rande, entdecken. Ich eilte daher, um den Austritt derselben zu beobachten, zu den astronomischen Quadranten, den ich schon einige Zeit vorher ohne Hofnung verlassen hatte. Dieser hatte fünf Fuß im Halbmesser, und war mit einem 6 Fuß langen Seh-Rohre, an welchem ich das Micrometer angebracht hatte, versehen. Vermittelst desselben und einer Tages vorher nach der Mittags-Höhe der Sonne gestellten astronomischen Uhr hatte ich schon von 4 Uhr 30 Minuten an die vorhingedachten Beobachtungen bewerkstelliget, und nun suchte ich noch den Ort des Aus-

Austritts der Venus aus der Sonne und die verschiedenen Zeit-Punkte desselben genau zu bestimmen, um auf solche Art die ganze Beobachtung vollständig zu machen: allein eben da ich damit umgieng begegnete mir der sonderbare Anblick dieser merkwürdigen Strahlen-Brechung, den ich hier mit Stillschweigen nicht habe übergehen wollen.

Da es indessen meine Absicht nicht ist diese ganze Beobachtung hier zu beschreiben; so will ich mich nur mit der Untersuchung desjenigen Umstandes benur beschäftigen, der eigentlich hieher gehöret, zu dessen Bemerkung sie Gelegenheit gegeben, und den ich für neu und wichtig halte. Dieser betrift die vorhin gedachte zwote Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser. Das wesentlichste davon habe ich, wie mir deucht, am vollständigsten und richtigsten in zween davon gemachten Aufsätzen vorgestellet, deren Inhalt, so viel davon hieher gehöret, ich hier aus besondern Ursachen, die aber den mehresten meiner Leser gleichgültig sind, wiederholen will.

Der erstere davon war ein Brief, den ich im Jahr 1761 an den damals noch in Berlin sich aufhaltenden Herrn Prof. **Leonhard Euler** geschrieben, in welchem ich mich folgendergestalt ausgedruckt habe:

„Ego vero dimensionibus supra commemo-„ratis contentus ope linearum commensuratarum „viam Veneris per solem determinare posthæc „studui. Atat dimensiones meæ viam istam ta-„lem sistebant, qualem ne per somnium quidem „cogitassem. Ac primum quidem via Veneris, „quem-

„quemadmodum per obſervationes ab hora IV. „28′ ad VII. usque habitas determinabatur, cur- „vam referebat, cuius concavitas verſus cen- „trum ſolis ſpectabat, quod equidem deinceps „ex variatione diametrorum ſolis horizontalium „explicari poſſe inveni. Quorſum vero deinde „locum emerſionis referrem, eodem modo ob- „ſervatum, curvaturam vero iſtam plane recu- „ſantem, de hoc, inquam, diu multumque an- „ceps hæſi, usquedum, re adcuratius explorata „ſolutionem nodi huius gordii in regreſſu quo- „dam diametrorum ſolis horizontalium inveni. „Polus quippe borealis eclipticæ tempore obſer- „vationis circa horam ſeptimam matutinam in „maxima verſabatur a meridiano Magdebur- „genſi occaſum verſus diſtantia: quapropter „diametri ſolis verticales, ad illud usque tem- „pus a vertice ſolis ſuperiore occaſum verſus „progreſſæ, motum quaſi ſiſtebant, dehinc cum „polo eclipticæ boreali ortum verſus regreſſuræ. „Cumque diſtantiæ poli eclipticæ a meridiano „occaſum verſus hora V. 15′ & hora IX aequales „eſſent, unam etiam & eandem hiſce tempori- „bus ſolis diametrum horizontalem inveni. „Atque his quidem difficultatibus hoc modo „remotis facile patebat, viam Veneris per ſolem „non poſſe curvam eſſe, cuius omnis concavitas „verſus centrum ſolis ſpectaret; ſed alius proſ- „ſus naturæ, curvam nimirum curvaturam in „ipſomet ſolis diſco reciprocantem, in ea „quippe hypotheſi, quod polus eclipticæ du- „rante Veneris per ſolem tranſitu maximam a „meri-

„meridiano distantiam obtinuerit, quod proinde „vbi locorum non contigerit, ibi etiam hanc „curvaturæ reciprocationem non obtinere po„tuisse abunde liquet. Nobis vero, quibus sub „meridiano Magdeburgensi hoc phænomenon „observandi occasio dabatur, Venus in suo per „solem transitu curvam, quam dicunt, flexuum „contrariorum describere videbatur, ita qui„dem, vt punctum flexus contrarii in eo ipso „fuerit loco, quem Venus hora VII. in sole „occupabat. &c."

In einem andern Aufsatze von eben der Sache, den ich im December des Jahrs 1761 an des regierenden Grafen zu Stollberg-Wernigerode **Hoch-Reichs-Gräfl. Gnaden** übersendet, habe ich mich hierüber folgendermassen erkläret:

„Wenn man annimmt, die Sonne stehe in einer „gewissen Höhe über den Horizonte; so läßt sich in der„selben ein Durchmesser gedenken, der mit dem Hori„zonte parallel ist. Stellet man sich diesen Durch„messer als eine durch den Mittel-Punkt der Sonne „gezogene unbewegliche Linie vor; so wird dieselbe „Linie nach Verlauf einer Viertel-Stunde nicht mehr „mit dem Horizonte parallel seyn; sondern einer andern, „und diese wiederum nach einer Viertel-Stunde einer „dritten Platz gemacht haben, u. s. w. Diese Verän„derungen oder Verruckungen der horizontalen Son„nen-Durchmesser fahren beständig fort, doch nicht „nach einerley Richtung; sondern wenn man setzet, „der jetzige horizontale Durchmesser verrucke sich nach „einer Viertel-Stunde dergestalt, daß er über dem„jenigen,

„jenigen, der auf ihn folget, nach Osten hin, vom Mit„tel-Punkt der Sonne an gerechnet, hinauf und nach „Westen hin herab gestiegen sey; so werden sich zwar „die folgenden nach eben dieser Richtung verändern, „daß sie sich ostwärts dem Zenith nähern, und west„wärts von demselben entfernen: doch wird dieses nur „so lange geschehen, bis der Nord-Pol der Ekliptik „den größten Abstand vom Meridian nach Westen hin „bekommt. Von diesem Augenblick an wird sich eine „ganz neue Verruckung der horizontalen Sonnen„Durchmesser anheben, die der vorhergehenden ent„gegen geschiehet, und wiederum so lange fortdauert, „bis der Pol der Ekliptik den größten Abstand vom „Meridiane nach Osten bekommt. Mithin währet „eine jede dieser Verruckungen allemal 12 Stunden. „Hieraus läßt sich nun das ganze Geheimniß von der „Gestalt des scheinbaren Weges der Venus durch die „Sonne erklären. Am Tage der Beobachtung er„reichte der Pol der Ekliptik um 7 Uhr Vormittags „den grössesten Abstand vom Magdeburgischen Meri„dian westwärts. Bis dahin war die Verruckung der „horizontalen Sonnen-Durchmesser, vom Anfange „der Beobachtung an, nach einerley Richtung vor sich „gegangen. Daher beschrieb der Mittel-Punkt der „Venus bis auf diese Zeit eine krumme Linie in der „Sonne, deren hole Seite nach den Mittel-Punkt „der Sonne gerichtet war. Gegen 7 Uhr wurde diese „Verruckung unmerklich, und um 7 Uhr unterblieb „sie gänzlich: darauf hub sie unmerklich nach einer „der vorigen entgegen gesetzten Richtung wieder an und „wurde nach und nach immer grösser. Daher wurde „der Einfluß derselben in die wahre Bahn der Venus

„gegen

„gegen 7 Uhr immer kleiner, unterblieb um 7 Uhr „gänzlich, und fieng hernach wieder an sich zu äussern. „Der Bogen des scheinbaren Weges der Venus wurde „also um diese Zeit zu einer graden Linie, welche Ge- „stalt die wahre Bahn des Planeten haben mußte: „nach 7 Uhr aber hub sich wieder ein Bogen an, der, „weil er seine erhabene Seite gegen den Mittel-Punkt „der Sonne richtete, von dem vorigen gänzlich ver- „schieden war: auch wurde diese neue Krümmung, da „die Venus sich ihrem Austritte aus der Sonne nahete, „sehr merklich, weil sie sich damals in einer geringen „Entfernung von den horizontalen Sonnen-Durch- „messern und zugleich sehr nahe am westlichen Sonnen- „Rande befand, wo die Verruckung der gedachten „Durchmesser allezeit mehr, als nahe am Mittel- „Punkte der Sonne, merklich ist.“

Aus dem allen folget nun:

1. „Weil hier nur vom Magdeburgischen Meridiane „die Rede ist, und der westliche Abstand des Pols „der Ekliptik von einem jeden andern Meridiane „in Ansehung dieser Himmels-Begebenheit „früher oder später erfolget seyn muß; so wird „sich auch die Veränderung der Krümme des „scheinbaren Weges der Venus unter einem jeden „andern Meridiane früher oder später angefangen „haben, und zwar das erstere unter denen, die „mehr östlich, das letztere unter denen, die mehr „westlich sind.

2. „Weil die Verruckung der horizontalen Sonnen- „Durchmesser sich nur allemal nach Verlauf einer

„Zeit

„Zeit von 12 Stunden verändert, der Durch„gang der Venus aber durch die Sonne in einer „Zeit, die nicht viel über 6 Stunden lang gewe„sen, vor sich gegangen; so wird es Orte auf der „Erde geben, wo eine solche Veränderung der „Krümme der scheinbaren Bahn dieses Planeten „durch die Sonne gar nicht wahrgenommen wor„den, und wo er also einen Bogen von einfacher „Krümme zu beschreiben geschienen haben muß. „Dahin gehören alle diejenigen Orte, von deren „Meridian der Pol der Ekliptik während der „Zeit des Durchgangs den grössesten Abstand „nicht erreicht hat.“

Also haben wir hier eine besondere und von der vorhin beschriebenen ganz verschiedene Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser, die zu verschiedenen Zeiten des Tages nach verschiedenen Richtungen vor sich gehet, so daß die gedachten Durchmesser sich eine Zeitlang am östlichen Sonnen-Rande über einander erheben, indem sie sich in eben der Zeit am westlichen Rande unter einander erniedrigen, und das dauret beynahe 12 Stunden lang so fort: in denen darauf folgenden 12 Stunden aber geschiehet diese Bewegung an beyden Rändern nach der entgegen gesetzten Richtung.

Um die eigentlichen Ursachen dieser Erscheinung zu finden, und deren wahre Beschaffenheit völlig und richtig einsehen zu können ist es nöthig zuförderst einige Punkte, Bogen und Cirkel am Himmel zu bemerken, in Ansehung deren gewisse Punkte des Sonnen-Randes, die sich darauf beziehen, oder durch welche sie

gehen, unveränderlich sind. Es sey Fig. 15. Tab. III. P der Welt-Pol, Q oder V der Pol der Ekliptik, QTVQ der Tage-Cirkel des Pols der Ekliptik, Q der Ort des grössesten östlichen Abstandes des Pols der Ekliptik von einem gewissen angenommenen Meridiane, und V der Ort des grössesten westlichen Abstandes von demselben Meridiane. Von einem Abstande zum andern kommt der Pol der Ekliptik in 12 Stunden. ABM sey die Ekliptik, HR der Horizont, LamnNb der Rand der Sonne, ab ein horizontaler Durchmesser derselben, QS oder VS ein Bogen, welcher aus dem Pol der Ekliptik auf die Ekliptik gezogen ist, und also auf ihr senkrecht stehet. Wir wollen setzen, QS oder VS sey ein Bogen, z. B. des Colurs der Nachtgleichen oder der Sonnen-Stillstände, und der Mittel-Punkt der Sonne befinde sich an einem dieser Orte der Ekliptik; so werden diese Bogen sowol als auch die Ekliptik selbst durch solche Punkte des Sonnen-Randes LmnN gehen, die wir hier als unveränderlich ansehen können, d. h. wir können annehmen, wenn die Sonne sich an einem dieser Orte befindet; so werde ihr Rand allemal in denselben Punkten von diesen Bogen durchschnitten. Denn es läßt sich hier keine Schwankung der Sonnen-Axe gedenken, die diese Punkte in einer Zeit von 24 Stunden, in welcher der Pol der Ekliptik seinen täglichen Umlauf vollendet, verändern könnte. Jedoch da die gedachten Colure unbeweglich sind; so muß man unter QS und VS solche Quadranten verstehen, die, die Sonne befinde sich in der Ekliptik wo sie wolle, allemal aus dem Pol der Ekliptik bis zum Mittel-Punkt der Sonne gezogen werden können.

Wäre

Wäre der Pol der Ekliptik in Ansehung unseres Horizonts so unbeweglich, als es der Welt-Pol P ist, d. h. wären beyde Pole ein und eben derselbe Punkt P, und also die Ekliptik und der Aequator ein und eben derselbe Cirkel; so würde der Punkt m oder n, in welchem die aus dem Pole der Ekliptik gezogenen Quadranten V S oder Q S den Sonnen-Rand durchschneiden, auch in Ansehung des Welt-Pols unveränderlich seyn, und sie würden also auch in Ansehung des Horizonts sonst keiner Veränderung als derjenigen, die der tägliche Umlauf der Sonne mit sich bringet, unterworfen seyn. Daher würde auch an dem horizontalen Durchmesser der Sonne nur die erste Bewegung, die ich vorhin beschrieben habe, wahrgenommen werden. Nun aber befindet sich der Pol der Ekliptik in einer grossen Entfernung vom Welt-Pole, und nimmt also an der täglichen Bewegung mit Antheil: dadurch bekommt der Quadrant V S oder Q S verschiedene Richtungen und Lagen, in welchen er bald durch den Welt-Pol gehet, wenn der Pol der Ekliptik im Meridiane ist, bald ost- und westwärts neben demselben vorbey streichet. Weil nun der Punkt des Sonnen-Randes, durch welchen dieser Quadrant gehet, als ein unbeweglicher Punkt, der durch die nach den Pol der Ekliptik gerichtete Sonnen-Axe bestimmt wird, angesehen werden muß; so nimmt er auch an den verschiedenen Lagen und Richtungen des gedachten Quadranten Antheil, und befindet sich bald in demjenigen Bogen der vom Mittel-Punkte der Sonne nach den Welt-Pole gezogen wird, bald weichet er ost- und westwärts von demselben ab, und derjenige Durchmesser der Sonne, der ihre Axe, die diesen Punkt bestimmt, nach rechten

Winkeln durchschneidet, befindet sich bald in einer solchem Lage die mit dem Horizonte parallel ist, bald weichet er von derselben ab, so wie es die in Ansehung des Horizonts veränderliche Lage des vorhin gedachten Punkts im obern Sonnen-Rande mit sich bringet. Also ist die tägliche Bewegung des Pols der Ekliptik die einzige Ursach dieser Veränderung und Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser.

Die Entfernung des Pols der Ekliptik vom Welt-Pole gleichet der Schiefe der Ekliptik, und wir wollen sie hier, wie gewöhnlich 23° 30′ groß annehmen; so beschreibet der Pol der Ekliptik täglich einen Cirkel um den Welt-Pol Q N Q, dessen Durchmesser 47° beträgt. Aus dieser Bewegung, die in Ansehung unseres Horizonts so groß und so merklich ist, entstehet eine in Ansehung desselben eben so merkliche Veränderung der Lage des Bogens Q S oder V S, folglich auch eine merkliche Bewegung des Punkts n oder m im Sonnen-Rande, durch welchen dieser Bogen gehet. Man nehme an, das Auge eines Beobachters befinde sich ausserhalb dieser scheinbaren Sphäre an einem Orte der ohnweit der Ekliptik gelegen ist; so würde demselben die Bahn die der Pol der Ekliptik in der scheinbaren täglichen Bewegung beschreibet, wenn sie würklich wäre, in der Gestalt des Cirkels Q T V erscheinen, Q S und V S würden die beyden Bogen seyn, die von dem Pole der Ekliptik in dessen beyden weitesten Entfernungen vom Meridiane nach den Mittel-Punkt der Sonne gezogen werden können, und zwar der Bogen Q S bey dem weitesten östlichen und der Bogen V S bey dem weitesten westlichen Abstande.

Folglich

Folglich wird der kleine Bogen n m im Sonnen-Rande den Raum bestimmen, in welchem die Bewegung desjenigen Punkts, in dem die aus dem Pol der Ekliptik gezogenen Bogens Q S oder V S den Sonnen-Rand durchschneiden, beständig eingeschlossen bleibt. Begiebt sich nun der gemeldete Beobachter von seinem vorigen Stand-Orte wiederum auf einen Horizont der nordlichen Hälfte der Erd-Kugel; so wird ihm diese Bewegung in der Gestalt einer Schwankung derjenigen Sonnen-Axe erscheinen, die auf der Ekliptik senkrecht stehet. Die Grenzen dieser Schwankung werden die Punkte m n seyn: die Zeit einer Schwankung von n bis m wird 12 Stunden betragen: das nördliche Ende der schwankenden Sonnen-Axe wird in n und also am weitesten nach Osten abweichen, wenn der Pol der Ekliptik in Q ist, oder seinen weitesten ostlichen Abstand erreichet hat, hingegen in m oder in der grössesten Abweichung nach Westen; wenn der Pol der Ekliptik in V ist, und seinen grössesten westlichen Abstand vom Meridiane erreicht hat. Die Grösse dieser Schwankung, oder der Bogen m n wird nach Maßgebung der veränderlichen Grösse des scheinbaren Sonnen-Durchmessers veränderlich seyn. Wir wollen die mitlere Grösse des scheinbaren Sonnen-Durchmessers 32′ 2″ annehmen, und also S m = S n = 16′ 1″ oder 961″. Nun ist

$$QS : nS = PQ : \tfrac{1}{2} mn$$

d. i. weil $QS = 90°$ und $PQ = 23° 30'$

$$324000'' : 961'' = 84600'' : 251''$$

Also beträgt der Bogen des Sonnen-Randes m n, innerhalb welchem diese scheinbare Schwan-

kung geschiehet, um die Zeit der Aequinoctien 8 Minuten 22 Secunden, und eben so groß wird also auch der Raum auf dem östlichen und westlichen Sonnen-Rande seyn, in dessen Umfange diese zwote Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser vor sich gehet.

Um den Einfluß darzuthun, den sie nothwendig in die scheinbare Bewegung eines jeden untern Planeten, nemlich der Venus und des Mercurs, wenn sie in der Sonne gesehen werden, haben muß, wollen wir annehmen, die Bahn eines jeden dieser Planeten gehe in der Gestalt einer graden Linie durch die Sonne: denn in einem so geringen Theile ist die Krümme ihrer wahren Bahnen unmerklich. Es sey also Fig. 13 Tab. III. L D S die Sonne, und der Planet sey in m, und setze von da seinen Weg in grader Linie nach n, r, s, t ꝛc. fort. Man setze ferner p 1 sey zu der Zeit, da der Planet in m ist, der horizontale Sonnen-Durchmesser; so ist m c der durch eine senkrechte Linie bestimmte Abstand des Planeten von diesem Durchmesser. Man nehme an, der horizontale Sonnen-Durchmesser verändere sich zu der Zeit, da der Planet in m gesehen wird, dergestalt, daß die folgenden am östlichen Sonnen-Rande unter die vorhergehenden zu stehen kommen, (und dieses geschahe damals, da die Venus in dieser Gegend der Sonne gesehen wurde, weil der Pol der Ekliptik zu der Zeit seinen grössesten westlichen Abstand noch nicht erreicht hatte); so wird unterdessen, daß der Planet von m nach n kommt ein anderer Durchmesser, z. B. q z in der Sonne horizontal geworden seyn, dessen Abstand

von

von dem vorhergehenden grösser ist, als der Raum, um welchen der Planet sich in der Zeit dem horizontalen Durchmesser der Sonne genähert hat: mithin wird die Linie n c den senkrechten Abstand des Planeten von dem horizontalen Durchmesser q z bestimmen, und der Planet wird sich dem untern Sonnen-Rands genähert zu haben, und also in der Sonne tiefer herunter gesunken zu seyn scheinen. In r, s, t, hingegen fällt die Linie des senkrechten Abstandes des Planeten vom horizontalen Durchmesser nahe gegen den Mittel-Punkt der Sonne, wo die Veränderung der horizontalen Durchmesser der Sonne unmerklicher wird, daher sind auch alsdenn ihre Einflüsse in die scheinbare Bewegung des Planeten nicht zu merken: er wird sich also in dieser Gegend der Sonne mehr nach der Richtung seiner wahren Bahn zu bewegen scheinen, und sein Weg wird einer graden Linie näher kommen. Man siehet aus dem allen leicht ein, daß der Planet bey diesen Umständen von seinem Eintritte in die Sonne an bis hieher einen Bogen, der gegen den Mittel-Punkt der Sonne hol ist, beschreiben müsse.

Wir wollen endlich annehmen, zu der Zeit, da der Planet nach v kommt, habe der Pol der Ekliptik seinen grössesten westlichen Abstand erreicht, und bewege sich von da an vermöge des täglichen Umlaufs wieder nach Osten zurück; so werden auch die horizontalen Durchmesser der Sonne von der Zeit an nach einer der vorigen entgegen gesetzten Richtung verändert werden, und auf den Durchmesser z 3 wird ein anderer WI darauf XII, sodann YIII u. s. w. folgen: die zwischen ihnen enthaltenen Räume aber werden den

Raum, um welchen der Planet sich von v an dem horizontalen Durchmesser der Sonne nähert, um so viel mehr übertreffen, jemehr der Planet sich alsdenn zugleich dem westlichen Sonnen-Rande nähert: die Linien des senkrechten Abstandes vc, wc, zc werden gegen solche horizontale Durchmesser zu stehen kommen, die sich am westlichen Sonnen-Rande sehr tief unter einander herab senken. Mithin wird die scheinbare Bahn des Planeten herunterwärts gegen den untern Sonnen-Rand gekrümmet werden, und ihre erhabene Seite nach den Mittel-Punkt der Sonne richten.

In allen diesen angenommenen Fällen, die insgesams bey der im Jahr 1761 unter den Magdeburgischen Meridiane beobachteten Bewegung der Venus durch die Sonne statt gefunden, wird der Planet also eine curvam flexuum contrariorum, oder eine krumme Linie von zwo einander entgegen gesetzten Krummungen beschreiben, deren erste gegen den Mittel-Punkt der Sonne hol, die andere aber gegen denselben erhaben ist. Diese sonderbare Gestalt des scheinbaren Weges der Venus durch die Sonne ist also bloß als eine Würkung derjenigen Bewegung der Sonne, die ich vorhin eine scheinbare Schwankung der Sonnen-Axe genannt habe, anzusehen, und ich halte dafür, sie habe alle diejenigen Eigenschaften, die dieser Name in sich begreift, an sich. Da sie nun von so erheblichen und so merklichen Einflüssen in sehr wichtige astronomische Beobachtungen ist; so verdienet sie auch alle Aufmerksamkeit, und es wäre zu wünschen, daß dasjenige, was ich davon angeführet, durch fernere Beobachtungen bestätiget werden könnte: allein dazu findet

findet sich die Gelegenheit gar selten, und auch selbst bey der Beobachtung der Sonnen-Flecken nicht, denn diese sind in Ansehung eines Beobachters auf der Erde ein solcher Gegenstand, der auf der Oberfläche der Sonne festsitzet und als ein Theil derselben angesehen werden kan. Da nun diese Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser von einer scheinbaren Schwankung der Sonnen-Axe oder des ganzen Sonnen-Körpers herrühret; so nehmen die gedachten Flecken an dieser Schwankung selbst mit Antheil, und also kan dadurch keine Veränderung in Ansehung ihrer scheinbaren Lage in der Sonne verursacht werden; ob sie gleich durch die erste Art der Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser verändert wird, denn diese hanget bloß von der Lage desjenigen Bogens des Tage-Circuls der Sonne ab, der zwischen ihren östlichen und westlichen Rande enthalten ist, und der eben darum, weil er sich in Ansehung unsers Horizonts beständig verändert, auch in Ansehung der Sonnen-Flecken verschiedene Lagen gewinnen muß; so daß die aus dieser Ursach sich verändernden Sonnen-Durchmesser sich einem und eben demselben Flecken bald zu nähern, bald von demselben zu entfernen scheinen müssen.

Mit denen Planeten hingegen, die in der Sonne gesehen werden können, nemlich dem Mercur und der Venus hat es alles eine ganz andere Bewandniß. Sie sind auch alsdenn, wenn sie in der Sonne gesehen werden, weit genug von derselben entfernet und also keinesweges ein Theil der Oberfläche des Sonnen-Körpers. Daher nehmen sie auch an der scheinbaren

Schwankung der Sonnen-Axe keinen Antheil, und die Verruckung der horizontalen Sonnen-Durchmesser hat in den senkrechten Abstand des Planeten von ihnen allemal einen Einfluß. Denn man nehme an, der Planet sey auf eine kurze Zeit unbeweglich, gleichwie sich dieses bey seiner so langsamen scheinbaren Bewegung gar wol annehmen läßt, und der horizontale Sonnen-Durchmesser verändere sich in dieser Zeit um ein merkliches, welches insonderheit alsdenn geschehen wird, wenn der Pol der Ekliptik nahe am Meridiane, und der Planet nahe am ostlichen oder westlichen Sonnen-Rande ist; so ist leicht zu begreifen, daß letzterer, nemlich der Planet, alsdenn von dem folgenden horizontalen Sonnen-Durchmesser nicht eben dieselbe senkrechte Entfernung haben könne, die er von einem andern hatte, dessen Lage von diesen verschieden war. Daher kan diese zwote Veränderung der horizontalen Sonnen-Durchmesser auch nur alsdenn, wenn einer dieser Planeten in der Sonne gesehen wird, beobachtet werden, und sie ist wegen der gemeldeten Einflüsse in die Gestalt des scheinbaren Weges, den diese Planeten durch die Sonne beschreiben, von solcher Erheblichkeit, daß sie bey künftig vorfallenden Beobachtungen des Mercurs oder der Venus in der Sonne in sorgfältige Betrachtung genommen zu werden verdienet.

Ich erinnere mich in einem gewissen Jahr-Gange in den Leipziger actis eruditorum eines damals berühmten Heßischen Stern-Kundigen, dessen Name mir aber entfallen ist, obſervationem Mercurii in ſole viſi gelesen zu haben. Dieser, wie man aus seiner Beobachtung abnehmen konnte, überaus tüchtiger

Beobach-

Beobachter hatte mehrere Orte des Mercurs in der Sonne mit grosser Sorgfalt gemessen, und zweifelte nicht er würde nach angestellter Berechnung seiner Beobachtungen und Abmessungen die beobachteten Punkte der Bahn des Planeten in eine grade Linie bringen können: allein seine Abmessungen waren viel zu richtig als daß diese Hofnung hätte erfüllet werden können, und das verursachte dem sonst so erfahrnen und Einsichtsvollen Beobachter, wegen unterlassener Untersuchung obiger Umstände, die äusserste Unzufriedenheit über den Ausgang seiner Bemühungen. Mit einer gewissen Art von Verzweiflung giebt er in gedachten Berichte von seiner Beobachtung alle Hofnung auf, daß durch menschliche Bemühungen in dieser Art von Beobachtungen jemals etwas genaues und richtiges werde bewerkstelliget werden, „ja, dis sind seine „Worte, wenn auch ein Engel mit den vollkommensten „Instrumenten versehen wäre; so würde er doch „die beobachtete Bahn nicht in eine grade Linie bringen „können!" So konnte nun zwar der Mann wol schliessen, der alles was Menschen hierin zu leisten vermögen, würklich geleistet hatte; wir wissen aber nunmehro, daß auch alsdenn nicht nur keine grade Linie daraus werden müsse; sondern auch nicht einmal eine krumme Linie, deren Eigenschaften und Lagen in der Sonne allemal eben dieselben sind: ja bey einem und eben demselben Durchgange des Planeten durch die Sonne wird dessen scheinbare Bahn solchen Beobachtern die sich an Orten von verschiedener Länge befinden, in einer sehr verschiedenen Gestalt erscheinen: sie kan dem einen eine krumme Linie von einfacher, und dem andern eine krumme Linie von gedoppelter einander

ent-

entgegen gesetzter Krümmung zu seyn scheinen: sie kan zum Theil eine krumme, zum Theil eine grade Linie seyn: sie kan sich mit einer graden Linie anfangen, und mit einer krummen Linie endigen u. s. w. Jedoch wird diese Abwechselung und Veränderung der Krümmung bey einem Durchgange des Planeten durch die Sonne nur einmal wahrgenommen werden: denn sie erfolget nur alsdenn, wenn der Pol der Ecliptic den weitesten Abstand vom Meridiane erreicht hat, und das kan während des Durchgangs eines Planeten durch die Sonne nur einmal geschehen, weil kein Planet, wenn er auch selbst vor den Mittel-Punkt der Sonne durchgienge, und also den längsten Weg, der möglich ist, durch die Sonne beschriebe, 12 Stunden darauf zubringen wird: und so viel Zeit verfliesset von einem jeden dieser Abstände des Pols der Ekliptik vom Meridiane bis zum andern. Man kan die hier möglichen Fälle unter folgende Reguln bringen.

1. Wenn der Planet unter einem gewissen Meridiane bald nachher, nachdem der Pol der Ekliptik seinen weitesten ostlichen Abstand von diesem Meridiane erreicht hat, in die Sonne tritt, und (welches alsdenn gewiß geschehen wird) noch vor dem weitesten westlichen Abstande des gedachten Pols wieder austritt; so wird sein scheinbarer Weg eine krumme Linie von einfacher Krümme seyn. Gehet er unter den horizontalen Sonnen-Durchmessern durch; so wird die hole Seite der Krümmung seiner Bahn nach den Mittel-Punkt der Sonne gerichtet seyn: gehet er über diesen Durchmessern durch; so wird die erhabene Seite der

der Krümmung nach den Mittel-Punkt der Sonne gerichtet seyn.

2. Wenn der Planet bald nachher, nachdem der Pol der Ekliptik seinen weitesten westlichen Abstand vom Meridiane erreicht hat, in die Sonne eintritt, und also auch noch, ehe dieser Pol bis zum weitesten ostlichen Abstande kommt, wieder austritt; so wird sein scheinbarer Weg eine krumme Linie von einfacher Krümmung seyn. Gehet er unter den horizontalen Sonnen-Durchmessern durch; so wird die erhabene Seite dieser Krümmung nach dem Mittel-Punkt der Sonne gerichtet seyn, und hingegen wird die hole Seite derselben diese Richtung nach den Mittel-Punkt der Sonne haben, wenn er über den horizontalen Sonnen-Durchmessern durchgehet.

3. Wenn der Planet einige Stunden vorher, ehe der Pol der Ekliptik den weitesten westlichen Abstand vom Meridiane erreicht, ein- und einige Stunden nach diesen weitesten Abstande wieder austritt; so wird seine scheinbare Bahn eine Linie von gedoppelter Krümmung (curva flexuum contrariorum) seyn. Gehet der Planet unter den horizontalen Sonnen-Durchmessern durch; so wird die erste Krümmung gegen den Mittel-Punkt der Sonne hol seyn, darauf wird sie nach und nach in eine grade Linie ausarten, und sodann mit einer neuen Krümmung abwechseln, die gegen den Mittel-Punkt der Sonne erhaben ist. Gehet er über den horizontalen

talen Sonnen-Durchmessern durch; so wird die erste Krümmung gegen den Mittel-Punkt der Sonne erhaben seyn, und nachdem diese sich nach und nach in einer graden Linie verlohren, wird sich eine neue Krümmung anheben, die gegen den Mittel-Punkt der Sonne hol ist.

4. Wenn der Planet einige Stunden vor dem östlichen weitesten Abstande des Pols der Ekliptik vom Meridiane in die Sonne ein- und einige Stunden nach denselben wieder austritt; so wird seine scheinbare Bahn gleichfalls von gedoppelter Krümmung seyn. Gehet er unter den horizontalen Sonnen-Durchmessern durch; so wird die erste Krümmung gegen den Mittel-Punkt der Sonne erhaben seyn, darauf in eine grade Linie ausarten und alsdenn mit einer andern Krümmung abwechseln, die gegen den Mittel-Punkt der Sonne hol ist. Gehet der Planet über den horizontalen Sonnen-Durchmessern durch; so wird die erste Krümmung gegen den Mittel-Punkt der Sonne hol seyn, und, nachdem diese in einer graden Linie ausgegangen, wird eine neue Krümmung erfolgen, die gegen den Mittel-Punkt der Sonne erhaben ist.

5. Wenn der Planet nicht völlig eine Stunde vor dem östlichen weitesten Abstande des Pols der Ekliptik vom Meridiane eines Orts in die Sonne eintritt; so geschiehet dieses zu einer Zeit, da der Abstand des Pols der Ekliptik vom Meridiane an seiner Grösse wenig Veränderung leidet und

und also die scheinbare Schwankung der Sonnen-Axe unmerklich ist, folglich werden es auch die Einflüsse derselben in die Bahn des Planeten seyn, und deren erster Theil wird also in der Gestalt einer graden Linie erscheinen. Darauf aber wird der Pol der Ekliptik sich dem Meridiane wieder nähern, und die scheinbare Schwankung der Sonnen-Axe wird wieder merklich werden, folglich wird die anfängliche grade Linie der scheinbaren Bahn des Planeten in eine krumme Linie ausarten, die gegen den Mittel-Punkt der Sonne hol ist; wenn er unter den horizontalen Sonnen-Durchmessern, und erhaben, wenn er über ihnen durchgehet.

6. Wenn der Planet nicht völlig eine Stunde vor dem westlichen weitesten Abstande des Pols der Ekliptik von dem Meridiane eines Orts in die Sonne ein- und einige Stunden nach denselben wieder austritt; so wird sich sein scheinbarer Weg aus eben gedachten Ursachen mit einer graden Linie anfangen, die aber nach und nach in eine krumme ausartet, welche gegen den Mittel-Punkt der Sonne erhaben ist, wenn der Planet unter den horizontalen Sonnen-Durchmessern, und hol, wenn er über ihnen durchgehet.

7. Wenn der Planet noch vor Ablauf einer Stunde nach den östlichen weitesten Abstande des Pols der Ekliptik vom Meridiane eines Orts aus der Sonne tritt, nachdem er einige Stunden vorher in derselben gesehen worden; so wird der erste Theil seines scheinbaren Weges eine krumme

Linie

Linie seyn die gegen den Mittel-Punkt der Sonne erhaben ist, wenn er unter den horizontalen Sonnen-Durchmessern, und hol, wenn er über ihnen durchgehet: und in beyden Fällen wird sich sein Weg in einer graden Linie endigen.

8. Wenn der Planet noch vor Ablauf einer Stunde nach den westlichen weitesten Abstande des Pols der Ekliptik vom Meridiane eines Orts aus der Sonne tritt, nachdem er einige Stunden vorher in derselben gesehen worden; so wird der erste Theil seines scheinbaren Weges eine krumme Linie seyn, die, wenn er unter den horizontalen Sonnen-Durchmessern durchgehet, gegen den Mittel-Punkt der Sonne hol, und, wenn er über ihnen durchgehet, gegen den Mittel-Punkt der Sonne erhaben ist: in beyden Fällen wird sich sein scheinbarer Weg in einer graden Linie endigen.

9. Die Grösse aller dieser Krümmungen der scheinbaren Bahn des Planeten wird sich nach einen gedoppelten Umstande richten, und sie werden um so viel grösser seyn

a. je näher der Planet dem ostlichen oder westlichen Rande der Sonne ist, denn daselbst sind die Bogen, welche die sich verruckenden horizontalen Sonnen-Durchmesser beschreiben und also auch die Einflüsse, die sie in die scheinbare Bahn des Planeten äussern, am grössesten.

b. je näher der Pol der Ekliptik dem Meridiane des Orts ist, wo man beobachtet: weil alsdenn

denn die scheinbare Schwankung der Sonnen-Axe am meisten merklich, und also auch die Würkung davon am grössesten ist.

Alle diese Reguln sind aus obigen leicht zu begreifen, und es ist dabey nur noch die Frage zu beantworten: ob die erste Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser, die ich im Anfange dieses Versuchs beschrieben, auch in die scheinbare Bahn eines Planeten durch die Sonne einen Einfluß habe? Ich habe oben gezeiget, daß diese Bewegung bloß von der verschiedenen Lage der zwischen den ostlichen und westlichen Sonnen-Rande jedesmal enthaltenen einzelen Bogen des Tage-Cirkels der Sonne gegen den Horizont abhange, und daß man diese Bogen als unbewegliche Durchmesser der Sonne ansehen müsse. Die Verschiedenheit ihrer Lagen verursachet eine Verschiedenheit in der Lage aller auf der Oberfläche der Sonne unbeweglichen Punkte gegen den Horizont, und was auf der Oberfläche der Sonne beweglich ist, nimmt an dieser Veränderung keinen Antheil. Nun kan ein Planet, der in der Sonne gesehen wird, keinesweges als ein unbeweglicher Punkt in der Sonne angesehen werden, vielmehr ist er, vermöge seiner eigenen Bewegung, die der Augenschein lehret, in Ansehung der Sonne gar sehr beweglich: auch hat er seinen eigenen Tage-Cirkul, der als parallel mit dem Tage-Cirkul der Sonne angesehen werden kan, folglich sind auch die einzelen Bogen beyder Tage-Cirkul einander parallel, und also unbeweglich und in Ansehung ihrer Lage in der Sonne unveränderlich. Daher kan die scheinbare Bahn eines Planeten durch die Sonne an dieser ersten Bewegung

der horizontalen Sonnen-Durchmesser keinen Antheil nehmen, und ich muß es gestehen, daß ich in den Worten des oben angeführten lateinischen Aufsatzes: quod equidem deinceps ex rariatione diametrorum solis horizontalium explicari posse inveni, wenn man unter dieser variation die erste Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser verstehet, gleichwie ich sie damals würklich darunter verstanden, geirret habe. Denn man siehet aus dieser ganzen Betrachtung daß alle bisher beschriebene Gestalten, die die scheinbare Bahn eines Planeten in der Sonne haben kan, lediglich der zwoten Bewegung der horizontalen Sonnen-Durchmesser, die von der scheinbaren Schwankung der Sonnen-Axe herrühret, zugeschrieben werden müsse.



Zum Beschluß will ich noch eines gewissen mechanischen Verfahrens, das zur Ziehung der Mittags-Linie erforderlich zu seyn scheinet, gedenken. Ich habe dasselbe sehr vortheilhaft befunden, und denke: gleichwie es mir damals, als ich mit diesen Sachen zu thun hatte, eine grosse Wohlthat gewesen seyn würde, wenn mir jemand diesen guten Rath an die Hand gegeben hätte; also werde es Anfängern nicht unangenehm seyn ihn hier angeführet zu finden.

Astronomische Beobachtungen erfordern, wenn sie etwas richtiges und brauchbares lehren sollen, eine richtige und genaue Bestimmung der Zeit, da man etwas beobachtet, und der grösseste Theil ihrer Brauchbarkeit hanget von dieser Zeit-Bestimmung ab. Ein

hierin begangener Irrthum der über fünf Secunden der Zeit beträgt, ist von solcher Erheblichkeit, daß die Beobachtung himmlischer Begebenheiten dadurch anfängt unbrauchbar zu werden, und in verschiedenen Fällen ist sie es schon bey einer geringern Grösse dieses Irrthums. Daher ist die Bestimmung der Zeit nächst der Fertigkeit, die zum Beobachten erfordert wird, und in einer gehörigen Einrichtung und richtigen Gebrauch der dazu erforderlichen Instrumente bestehet, bey dergleichen Beobachtungen die Haupt-Sache.

Zu einer richtigen Bestimmung der Zeit wird eine zuverläßige Mittags-Linie erfordert, oder auch, wo diese sich nicht füglich anlegen läßt, ein in die Fläche des Meridians ganz genau gerichteter Mauer-Quadrant. Jedermann, der nur einige Kenntniß von astronomischen Sachen hat, weiß es, wie viel an diesen zur Bestimmung der Zeit erforderlichen Veranstaltungen gelegen sey: und also ist es nothwendig junge Leute, welche die zu diesen Sachen nöthige Fähigkeiten besitzen, darin sorgfältig zu unterrichten, und ihnen die Ausübung derselben nachdrücklich anzupreisen. Dadurch wird der übrige Unterricht in der Astronomie zur weitern Aufnahme derselben brauchbar werden, gleichwie er ohne richtige Einsichten in diese Sachen ganz unbrauchbar und vergeblich ist.

Man unterscheidet die Zeit in die **Zeit der ersten Bewegung** und in die **wahre Zeit**. Jene wird durch die scheinbare Bewegung der Fix-Sterne und diese durch die scheinbare Bewegung der Sonne bestimmt. Der Stand eines Fix-Sterns im Meri-

diane eines Orts wird die **Culmination** desselben genannt. Die Zeit, die von einer Culmination bis zu der andern eines und eben desselben Fix-Sterns verfliesset, wird in 24 Stunden 0 Min. 0 Sec. eingetheilet, und das ist, wenn wir annehmen die Erde stehe in ihrer Bahn stille, und die Bewegung um ihre Axe seye beständig gleichförmig, die Zeit der ersten Bewegung. Diejenige Zeit hingegen, die durch die Bewegung der Sonne über unsern Horizonte bestimmet wird, ist die wahre Zeit: denn wir richten uns in allen unsern Zeit-Bestimmungen nach dieser und nicht nach jener, wir können aber diese nicht genau bestimmen, ohne jene mit zu Hülfe zu nehmen, wie man bald sehen wird.

Die wahre Zeit ist von der Zeit der ersten Bewegung verschieden: denn wenn wir annehmen, der Mittel-Punkt der Sonne gehe heute mit einem gewissen Fix-Sterne zugleich durch den Meridian; so wird er Morgen später, als dieser Fix-Stern, durchgehen. Mithin beträgt die Zeit von einer Culmination des Mittel-Punkts der Sonne bis zur andern mehr als 24 Stunden der Zeit der ersten Bewegung, und dieses mehr ist auch nicht zu allen Zeiten gleich: denn die gemeldete Verspätung der Sonne ist in Ansehung eines angenommenen Fix-Sterns bald grösser bald kleiner, und diese Verschiedenheit richtet sich theils nach der verschiedenen Geschwindigkeit der eigenen Bewegung der Sonne, oder vielmehr der Erde, theils nach ihrer verschiedenen Abweichung die bald nördlich bald südlich ist u. s. w. Daraus entstehet eine mannigfaltige Abweichung der wahren Zeit von der Zeit der ersten

Bewe-

Bewegung, die von den Stern-Kundigen in gewissen Tabellen berechnet ist, deren Theorie und Gebrauch, meines Wissens, Niemand besser als Keil in der 25sten seiner **astronomischen Vorlesungen**, deren Ueberschrift ist: de aequatione temporis, abgehandelt hat.

Ein Beobachter der Begebenheiten des Himmels kan sich, wenn er aus diesen so mannigfaltigen Zeit-Bestimmungen die wahre Zeit seiner Beobachtungen heraus finden will, nicht anders helfen, als durch den Gebrauch einer richtigen Mittags-Linie. Er beobachtet vermittelst derselben auf bekannte und gewöhnliche Arten die Culmination eines Fix-Sterns und bemerket die Stunde, Minute und Secunde, in der diese Culmination geschiehet, an seiner Uhr: er wiederholet diese Beobachtung des folgenden Tages: erfolget alsdenn die Culmination desselben Sterns in eben der Stunde, Minute und Secunde seiner Uhr; so gehet selbige mit der scheinbaren Bewegung der Fix-Sterne diesen und einige folgende Tage hindurch beynahe einstimmig: wo nicht; so verbessert er den Gang der Uhr durch Verkürzung oder Verlängerung des Perpendikels, bis er denselben so nahe als möglich mit der gedachten Bewegung der Fix-Sterne in Gleichheit bringet. Wenn dieses wol ausgerichtet ist, bemerket er unmittelbar vor der anzustellenden Beobachtung einer Begebenheit des Himmels die Mittags-Höhe der Sonne vermittelst der Mittags-Linie, und stellet die Uhr alsdenn auf 12 Uhr 60 Min. 60 Sec. oder er stellet die Uhr nach einer jeden andern Höhe der Sonne auf verschiedene andere Arten, die den Sternkundigen wol bekannt,

aber vielleicht so sicher eben nicht sind; so hat er die Zeit des wahren Mittags an seiner Uhr. Diese gehet von da an nach der scheinbaren Bewegung der Fix-Sterne fort und zeiget ihm nach deren Zeit-Bestimmung, wenn ehe alles das, was bey der nunmehro erfolgenden Begebenheit z. B. einer Sonnen- oder Mond-Finsterniß, Verfinsterung des Jupiters-Trabanten u. s. w. zu bemerken ist, geschehen sey; so hat er die Stunde, Minute und Secunde der **observirten Zeit** in Ansehung eines jeden bemerkten Umstandes. Weil die Bewegung der Sonne aber von jenem Mittage an, da die Uhr nach derselben gestellet worden, von der scheinbaren Bewegung der Fix-Sterne sogleich abweichet; so ist auch diese observirte Zeit von der **wahren Zeit** merklich verschieden: er kan aber die Grösse dieser Verschiedenheit zu einer jeden gegebenen Jahres-Zeit aus dem Orte der Sonne in der Ekliptik nach bekannten Grund-Sätzen der Astronomie bestimmen, und also aus einer jeden observirten Zeit die wahre Zeit heraus finden. Bemerkt er die leztere in seinen Beobachtungen; so wissen alle Sternkundige, vermöge der bekannten Länge der Orte, wo beobachtet wird, von seinen Beobachtungen Gebrauch zu machen, und sie sind also zur weitern Aufnahme der Astronomie und zum Behuf verschiedener anderer wichtiger Absichten brauchbar.

Ich habe vorhin gesagt: eine astronomische Uhr könne auf **einige** Tage in einen mit der scheinbaren Bewegung der Fix-Sterne **beynahe** übereinstimmenden Gang gebracht werden, und ich habe mich darum so ausgedruckt, weil eine vollkommene und dauerhafte Uebereinstimmung der Uhr mit der Bewegung der Fix-

Sterne

Sterne nicht möglich ist. Die mit einem Secunden-Perpendikel versehene astronomische Uhr ist eine Maschine, die, weil sie durch eine beständig gleiche und mit gleichförmiger Geschwindigkeit würkende Kraft in Bewegung gesetzt wird, auch in einer beständig gleichförmigen Bewegung ohne die geringste Veränderung ihrer Geschwindigkeit fortgehet. Stünde die Erde in ihrer Bahn stille, hätte sie weiter keine Bewegung als diejenige, durch welche sie sich um ihre Axe herum wälzet, und geschähe auch diese Umwälzung mit einer unveränderten Geschwindigkeit; so würde die scheinbare Bewegung der Fix-Sterne grade nach der Zeit der ersten Bewegung vor sich gehen, und es würde sodann etwas ganz leichtes seyn die astronomische Uhr in einen mit dieser Bewegung vollkommen übereinstimmenden Gang zu bringen und darin zu erhalten. Allein da die Erde in ihrer Bahn beständig fortgehet, da dieses bald mit vermehrter bald mit verminderter Geschwindigkeit geschiehet, da sich endlich auch die Erde nicht allezeit genau mit gleicher Geschwindigkeit um ihre Axe wälzet; so entstehet aus diesem dreyfachen Umstande eine Abweichung der scheinbaren Bewegung der Fix-Sterne von der Zeit der ersten Bewegung, und es ist nicht möglich eine mit gleicher Geschwindigkeit fortgehende Uhr in einem mit jener Bewegung der Fix-Sterne vollkommen übereinstimmenden Gang zu bringen, oder darin zu erhalten. Je kleiner also die Anzahl der Tage ist, in denen man die Uhr als mit der Bewegung der Fix-Sterne übereinstimmend annimmt, oder je öfter man die Stellung derselben nach der Bewegung der Fix-Sterne wiederholet, desto richtiger ist die auf gemeldete Art bewerkstelligte Zeit-Bestimmung.

Bey dem allen wird also voraus gesetzt, daß man eine zuverläßige Mittags-Linie habe. Nun giebt es mehrere Arten dieselbe zu finden, und diese sind auch bekannt genug und in mehreren diese Sachen abhandelnden Schriften vorgetragen: daher ist es nicht nöthig daß ich mich in deren Beschreibung hier einlasse. Allein in allen diesen Anweisungen, die ich gelesen habe, vermisse ich die Belehrung: wie man einen gewissen Umstand, der bey Ziehung der Mittags-Linie von der grössesten Erheblichkeit ist, zu berichtigen habe. Die gewöhnlichste und von den mehresten angepriesene und, wie ich sie dafür halte, die richtigste und zuverläßigste Art die Mittags-Linie zu ziehen, bestehet darin, daß man auf einer ebenen und vollkommen waagerechten Fläche aus einem angenommenen Mittel-Punkte gewisse Bogen beschreibet, und sodann entweder den Azimutal-Weiser eines Quadranten, oder den Punkt, um welchen eine parallaktische Maschine von beliebiger Einrichtung beweglich ist, in diesem Mittel-Punkte befestiget, darauf die gleichen Höhen eines Fix-Sterns vor und nach seiner Culmination vermittelst des Quadranten oder der parallaktischen Maschine beobachtet, und endlich in den Bogen, die man auf der gedachten Fläche gezogen hat, diejenigen Punkte genau bemerket, wo sie von dem Azimutal-Weiser oder von der Grund-Linie der parallaktischen Maschine bey jeder Beobachtung der gleichen Höhen des Fix-Sterns durchschnitten werden. Durch diese Punkte wird der Anfang und das Ende der auf der Fläche gezogenen Bogen bestimmt: sind die Beobachtungen der gleichen Höhen des Fix-Sterns richtig und genau bewerkstelliget; so ist die durch das Mittel dieser Bogen und durch dem

Mittel-

Mittel-Punkt gezogene grade Linie die wahre Mittags-Linie. Man hat alsdenn etwas sehr wichtiges in der Astronomie, und dessen sich wenige rühmen können, gefunden: und wenn man es hat; so kan man sich hernach von dessen Richtigkeit und Gewißheit auf mehrere bekannte Arten versichern, auch die etwa bemerkten Unrichtigkeiten verbessern.

Allein das alles erfordert schlechterdings, daß die vorhandene Fläche ganz vollkommen eben und waagerecht sey, denn die geringste Abweichung von dieser Gestalt und Lage macht das ganze Verfahren unrichtig, und die gefundene vermeinte Mittags-Linie ist falsch, wie man leicht einsiehet. Also ist die Anlegung einer Fläche von gemeldeten Eigenschaften ein Haupt-Punkt, von dessen Richtigkeit alles übrige abhanget. Wer es aber versucht, hierin etwas genaues und richtiges zu Stande zu bringen, der wird auch erfahren, welch eine schwere Arbeit das sey! Denn das gewöhnliche Verfahren mit der Setz-Waage ist hier gewiß nicht hinreichend, und es wird dadurch in der Sache wenig ausgerichtet. Die Fläche kan von der waagerechten Lage um einen Winkel von einigen Minuten abweichen und bey der mit der Setz-Waage vorgenommenen Prüfung dennoch waagerecht zu seyn scheinen: allein, alsdenn ist sie es nach der Genauigkeit, die den gemeldeten astronomischen Gebrauch erfordert, bey weiten noch nicht, und in einem solchen ungewissen Zustande, in welchem die Setz-Wage sie läßt, zur Bestimmung einer zuverläßigen Mittags-Linie ganz unbrauchbar. Denn die Beobachtung zwoer gleichen Höhen eines Fix-Sterns erfordert eine vollkommen waagerechte

Bewegung des Quadranten oder der parallaktischen Maschine, vermittelst deren man beobachtet, und diese setzet voraus daß die Fläche auf der sich der Azimutal-Weiser des Quadranten oder die parallaktische Maschine bewegen, vollkommen waagerecht sey: widrigenfalls sind die beobachteten Höhen ungleich, folglich sind auch die auf der Fläche gezogene Bogens durch sie zu beyden Seiten unrichtig geendiget, und die gefundene Linie ist keine Mittags-Linie.

Will man also hierin etwas richtiges zu stande bringen; so muß ein gedoppelter Umstand mit grosser Sorgfalt berichtet werden. Die Fläche, auf der die Mittags-Linie gesucht wird, muß zuförderst eben und sodann waagerecht gemacht werden.

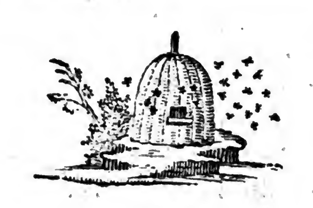
Das erstere kan mit der Genauigkeit, die hier erfordert wird, durch kein Lineal ausgerichtet werden; sondern man muß sich dazu einer dünnen stählernen oder meßingenen Sayte bedienen, die nach allen möglichen Richtungen über die Fläche straf ausgespannt wird, und auf derselben dichte aufliegt: auf diese Art kan man die vorhandenen Unebenheiten entdecken, und sich mit deren Hinwegschaffung so lange beschäftigen, bis die Sayte in allen möglichen Richtungen genau anschliesset. Weil es auch nicht möglich ist ein Lineal, das einige Fuß lang ist, zu haben, vermittelst dessen man eine so lange grade Linie ziehen könnte; so müssen die auf der Fläche zu ziehenden graden Linien vermittelst dieser Sayte gezogen, oder wenn sie gezogen sind, geprüft werden.

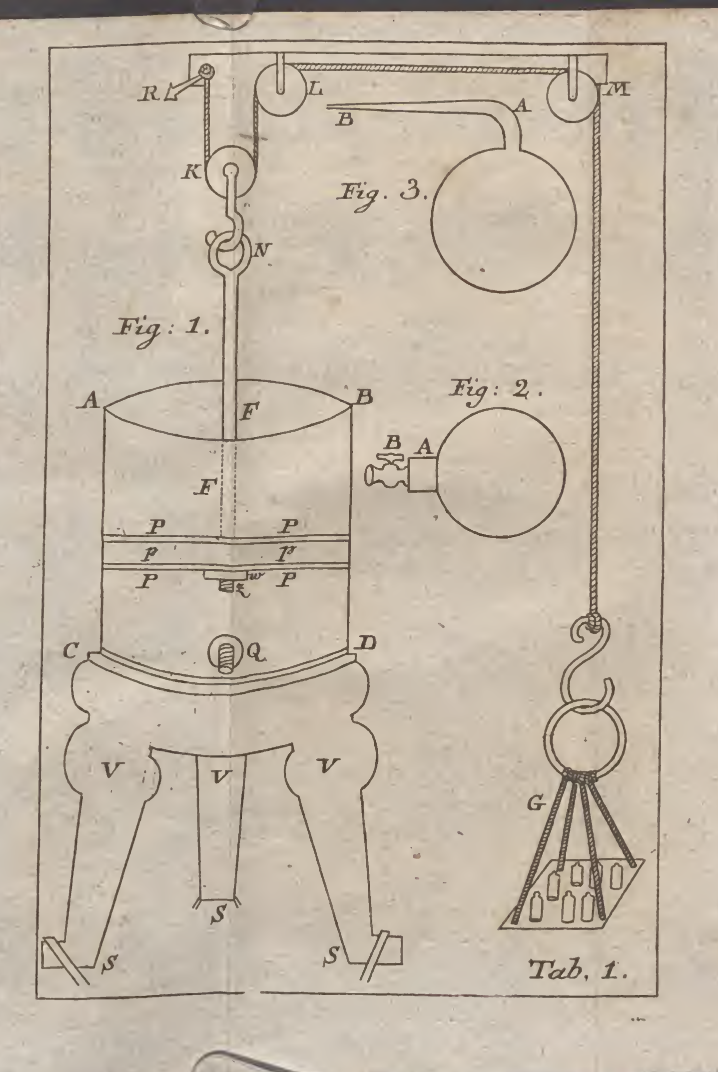
Das andere, nemlich die waagerechte Anlage der Fläche, die das wichtigste bey der Sache ist, habe ich vermit-

vermittelst einer Nivellir-Waage und des damit verbundenen Gebrauchs einer parallaktischen Maschine folgendergestalt zu bewerkstelligen gesucht. Ich befestigte an der parallaktischen Maschine ein astronomisches Fern-Glaß von 3 Fuß Länge dergestalt, daß die Axe desselben mit der Grund-Linie der parallaktischen Maschine in einer Vertical-Fläche lag. Durch den gemeinschaftlichen Brenn-Punkt der Gläser zog ich zwo feine Faden, die sich in der Axe des Fern-Glases senkrecht durchschnitten. Darauf stellete ich zwo Nivellir-Stangen, die eine ost- die andere westwärts der Fläche, auf der die Mittags-Linie gezogen werden solte, in einer Weite von 60 Schritten vorwärts von der Fläche: ich bemerkte auf dem Mittel-Punkte der an den Nivellir-Stangen beweglichen Bretter einen feinen schwarzen Punkt. Die Nivellir-Stangen waren das erstemal 100 Schritt weit von einander entfernet, und die auf ihren Brettern bemerkten Punkte brachte ich vermittelst einer mit sehr feinen Diopteren versehenen Nivellir-Waage in eine waagerechte Lage mit einander; nachdem ich mich dessen versichert hatte, daß diese beyden Punkte in einer und eben derselben Horizontal-Linie lagen; richtete ich das Seh-Rohr der parallaktischen Maschine auf den Punkt der östlichen Stange, so daß derselbe durch den Durchschnitts-Punkt den Creutz-Faden des Seh-Rohrs gedeckt wurde: darauf bewegete ich die parallaktische Maschine auf der Fläche westwärts, um den Punkt der westlichen Nivellir-Stange zu suchen: erschien derselbe nun auch in dem Durchschnitts-Punkte der beyden Creutz-Fadens; so konnte ich versichert seyn, die Fläche sey so vollkommen waagerecht, als es zu Ziehung der Mittags-

tags-Linie erfordert wurde: erschien er aber über oder unter diesen Durchschnitts-Punkte; so konnte die Lage der Fläche nach Erfordern verbessert werden. Dieses wiederholte ich von Osten nach Westen, und von Westen nach Osten in verschiedenen Weiten der Nivellir-Stangen von einander so lange, bis die beyden Punkte der Nivellir-Bretter allemal durch den Durchschnitts-Punkt der Creutz-Faden des Seh-Rohrs gedeckt wurden.

Weil an der waagerechten Lage dieser Punkte, wenn sie durch eine gute Nivellir-Waage gerichtet sind, nicht zu zweifeln ist; so ist auch der aus solchen zutreffenden Beobachtungen derselben gemachte Schluß, daß die Fläche, auf der die parallaktische Maschine hin und her beweget wird, waagerecht sey, keinen Zweifel unterworfen. Durch dieses Verfahren wird also aller in Ansehung der Richtigkeit der Mittags-Linie obwaltenden Ungewißheit vorgebeuget, in sofern dieselben von einer verdächtigen Lage der Fläche, auf welcher sie gezogen worden, herrühren kan. Da nun die gemeldete Art die Mittags-Linie zu finden, ohnstreitig die beste ist; so scheinet auch die hier vorgeschlagene Zubereitung der dazu erforderlichen Fläche, so lange keine bessere in Vorschlag gebracht wird, nothwendig zu seyn.




R
L
M
B
A
K
Fig. 3.
N
Fig: 1.
Fig: 2.
A
B
F
B A
F
P P
P P
P w P
C
D
Q
V V V
G
S
S S
Tab. 1.

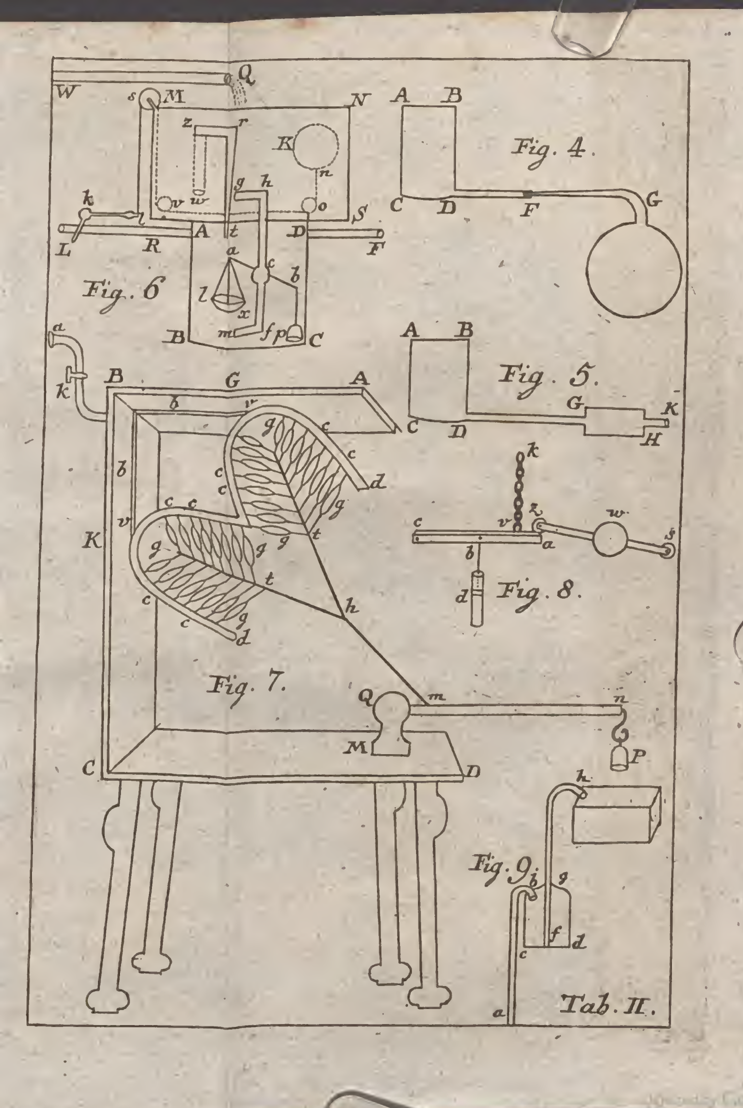
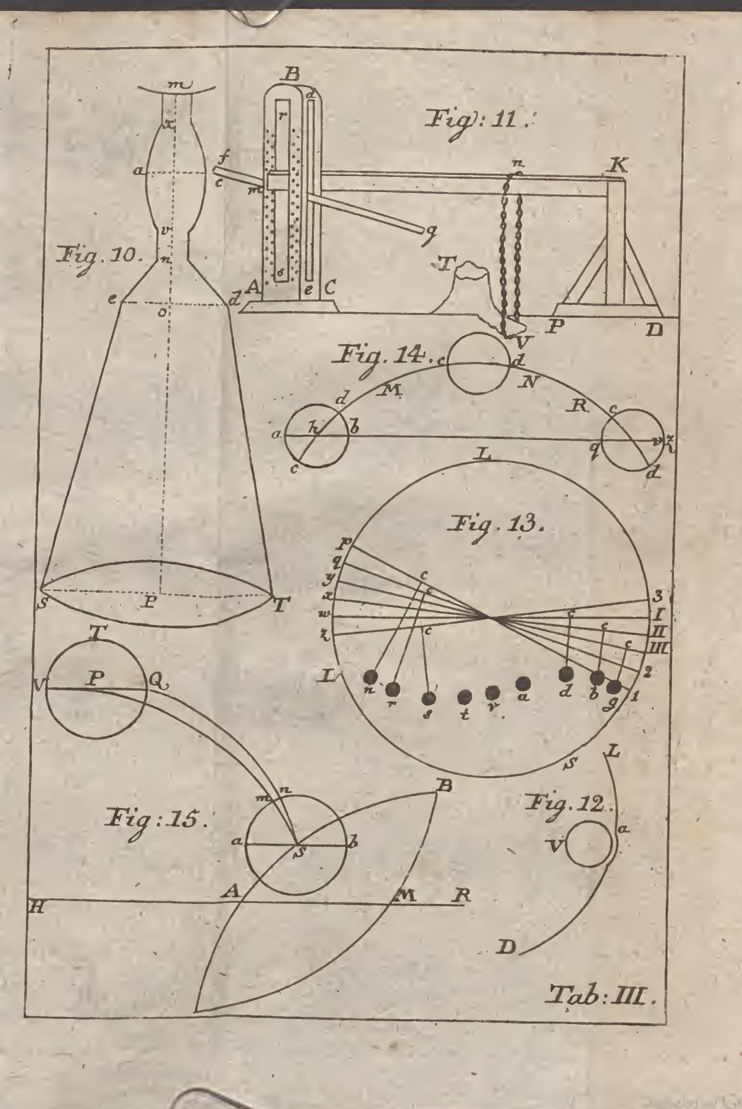


Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9
Tab. II.


Fig. 10.
Fig: 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14.
Fig: 15.
Tab: III.





